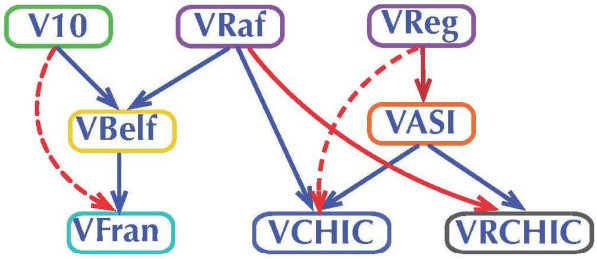


Analyse Statistique Implicative

Cadre théorique en relation étroite et au service de multiples disciplines

Prolongement des débats engagés lors du colloque
Version numérique corrigée et augmentée

A.S.I. France 10 Belfort 2019

Editeurs : Jean-Claude Régnier, Régis Gras,
Michel Henry, Raphaël Couturier, Guy Brousseau

Analyse Statistique Implicative.

Cadre théorique en relation étroite et au service de multiples disciplines

Prolongement des débats engagés lors du colloque

Editeurs :

Jean-Claude Régnier,
Régis Gras,
Michel Henry,
Raphaël Couturier,
Guy Brousseau

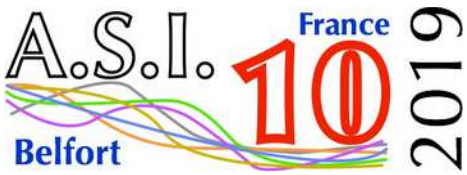
Actes du 10ème colloque d'Analyse Statistique Implicative

Edition :
Université Bourgogne Franche-Comté - Besançon

Version numérique ISBN : 978-2-9562045-3-4

Nouvelle version corrigée et augmentée de la 1ère édition imprimée remise aux participants au colloque.

Année 2020



Remerciements

Nous tenons à remercier les différents organismes qui nous ont apporté un soutien pour la tenue de ces Journées sur les plans scientifique, financier et logistique :

- IUT de Belfort - Montbéliard Université Bourgogne – Franche Comté (Belfort France)
- Université Lumière Lyon2 – Université de Lyon (Lyon France)
- Laboratoire de recherche : Unité Mixte de Recherche UMR 5191 – ICAR (Lyon France)
- Labex ASLAN Université de Lyon
- UMR 6004 -LS2N Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes

ou leur parrainage scientifique *:*

- Université d'Etat de Tomsk (Tomsk - Sibérie - Russie)
- ARSA – Association de Recherche en Statistique Appliquée (Tunisie)
- Association Extraction et Gestion des Connaissances (EGC) (France),
- Association pour la Recherche en Didactique des Mathématiques (ARDM France),
- École Polytechnique de l'Université de Nantes (France),
- G.R.I.M. (Gruppo di Ricerca sull'Insegnamento delle Matematiche), Dipartimento di Matematica, Università di Palermo (Italie)
- Groupe de Formation et Recherche sur l'Analyse Statistique Implicative – Programme Science sans frontières (UFRPE – Recife – Brésil)
- PUC - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (Brésil)
- REVISTA AKADEMEIA (Santiago de Chili)
- REVISTA EMP - Educação Matemática Pesquisa (São Paulo- Brésil)
- REVISTA VIDYA – Ensino das Ciências e de Matemática (Santa Maria – Brésil)
- Société française de Statistique (SFdS France),
- Société Francophone de Classification (SFC France),

Président du comité scientifique : Jean-Claude Régnier
Vice-Président du comité scientifique : Michel Henry
Fondateur : Régis Gras
Président d'honneur : Guy Brousseau
Président du comité d'organisation : Raphaël Couturier

Sommaire

INDEX DES AUTEURS V

INTRODUCTION DE L'OUVRAGE 1

Jean-Claude RÉGNIER, Régis GRAS 1

LES MATHÉMATIQUES DE PISA 2012. 7

HUIT PAYS À LA LOUPE DE L'ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE 7

Antoine BODIN, Hayette KHALED Raphaël COUTURIER 7

LE GRAPHE IMPLICATIF EST PLUS QU'UN RÉSULTAT ! RETOUR MÉTHODOLOGIQUE SUR DIX ANNÉES D'UNE RECHERCHE COLLECTIVE 67

Marc BAILLEUL 67

ANALYSE DE LA CONFLUENCE AU SOMMET DU CÔNE IMPLICATIF 79

Régis GRAS, Dominique LAHANIER-REUTER, Marc BAILLEUL 79

ARBRE COHESITIF EN A.S.I. ET METAPHORE FRACTALE 90

Régis GRAS, Pablo GREGORI 90

EVOLUTION DARWINIENNE ET CLASSIFICATION ORIENTEE A.S.I. 106

Régis GRAS, Laurence NDONG 106

VARIABILITÉ DES ARBRES DE SIMILARITE DE L'ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE SOUS INDÉPENDANCE STATISTIQUE DE VARIABLES BINAIRES 123

Pablo GREGORI, Raphaël COUTURIER, Souhila GHANEM 123

MESURES DE L'EXPRESSION ET DU DÉVELOPPEMENT DE « L'INTELLIGENCE » : OBSERVATION DE DONNÉES ET DES RÉSULTATS DE LEUR TRAITEMENT PAR L'ASI 134

Christian PELLOIS 134

INEGALITÉ DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE EN FRANCE ? ÉTUDE DES CARACTERISTIQUES IMPLIQUÉES DANS LES SOURCES DE DIFFICULTÉS DES ITEMS PISA-SCIENCES 168

Pascale MONTPIED Mylène DUCLOS[2], Florence LE HEBEL[3], Andrée TIBERGHIEN[1]. 168

COMPARISON OF CONTEMPORARY ADVANCED STATISTICAL METHODS REGARDING CONSTRUCT VALIDITY EVALUATION OF TEIQue-SF INSTRUMENT: STATISTICAL IMPLICATIVE ANALYSIS VS. PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS 217

Sofia ANASTASIADOU 217

O PROCESSAMENTO DA AVALIAÇÃO PADRONIZADA: ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ITENS DE RESPOSTAS CONSTRUÍDAS POSSIBILITADA PELO SOFTWARE CHIC. 233

Marcelo Rivelino RODRIGUES, Thiago Fernando Ferreira COSTA, Lenir Morgado da SILVA, Claudio MAROJA, Fábio Oliveira SILVA 233

IMPACTOS DA REPROVAÇÃO NOS SEMESTRES INICIAIS DO ENSINO SUPERIOR BRASILEIRO: ESTUDO EM FACULDADE DO ESTADO DA BAHIA, NO BRASIL 250

Sandro Coelho Moreira PINTO, Maria Cristina Elyote Marques SANTOS e Paulo Cesar Marques de Andrade SANTOS 250

PROPORCIONALIDAD COMO HERRAMIENTA ÓPTIMA EN LA RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA DE ECUACIONES 267

Miguel R. WILHELMI, Jaione ABAURREA, Aitzol LASA, Álvaro SÁENZ DE CABEZÓN.....267

LE FEEDBACK DANS L'ENSEIGNEMENT DES MATHEMATIQUES, UNE NOUVELLE APPROCHE AVEC LES APPLICATIONS DES RESEAUX SOCIAUX COMME TWITTER ET PERISCOPE..... 280

Tolga TEKIN.....280

CÁLCULO MENTAL – ESTUDO SOBRE CONCEPÇÕES E PRÁTICAS DE PROFESSORES POLIVALENTES 298

Lilian Ceile MARCIANO, Saddo AG ALMOULOUD 298

ANALYSE DES ECRITS DES ELEVES LORS DE LA PROBLÈMES MATHÉMATIQUES 318

Brahim EL-MEKAOUI, Jean-Claude RÉGNIER 318

O SIGNIFICADO DO PIBID NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA. ESTUDO A TRAVES DA ANÁLISE ESTATÍSTICA IMPLICATIVA.... 330

Maria Aparecida S. De SOUZA Saddo Ag ALMOULOUD.....330

ECONOMIC SCIENCES STUDENTS' UNDERSTANDING ON REPRESENTATION TASKS CONCERNING THE CONCEPT OF FUNCTION 350

Styliana NICOLAOU, Athanasios GAGATSIS, Areti PANOURA, Eleni DELIYIANNI, Iliada ELIA, Ioulia TELEVANTOU 350

ESTUDO SOBRE AS CONCEPÇÕES DE PROFESSORES DO ENSINO BASICO EM RELAÇÃO A ALEATORIEDADE E PROBABILIDADE. 372

Marcelo Rivelino RODRIGUES 372

INFLUENCE D'UNE FORMATION UNIVERSITAIRE EN AGRONOMIE SUR LE RESSENTI DES TRADITIONS PAR LES ETUDIANTS EN PREMIER CYCLE UNIVERSITAIRE : CAS DU DISTRICT DE MANDRITSARA A MADAGASCAR 397

Christian RAZANATSOAVINA, Bakys Bruno RALAHADY et Jean-Claude LABERCHE 397

PANORAMA DA FORMAÇÃO DE PROFESSORES NO CAMPO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL A LUZ DA A.S.I. 414

Cristiana Marinho da COSTA, Carmen Roselaine de Oliveira FARIAS, Quércia Carvalho ELOI Vladimir Lira Véras Xavier de ANDRADE e Jean-Claude RÉGNIER.....414

DESENVOLVIMENTO DO LETRAMENTO ESTATÍSTICO: UM ESTUDO NO QUADRO A.S.I. NA PERSPECTIVA DE ATITUDES POSITIVAS E NEGATIVAS DE ESTUDANTES EM RELAÇÃO À ESTATÍSTICA..... 427

Leonardo DALLA PORTA, Jean-Claude RÉGNIER e Silvia Maria de Aguiar ISAIA.....427

CONHECIMENTOS PRÉVIOS DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO A RESPEITO DE ESTATÍSTICA: UMA ANÁLISE COESITIVA E DE SIMILARIDADES 450

Cassio Cristiano GIORDANO, Cileda de Queiroz e Silva COUTINHO 450

APPORTS INTÉRESSANTS DE L'INDICE ASI-MGK ET DES COURBES D'APPRENTISSAGES EN DIDACTIQUE DE L'INFORMATIQUE 474

Bakys Bruno RALAHADY, André TOTOHASINA, Jean SIMON.....474

COMPÉTENCES COMMUNICATIONNELLES INTERCULTURELLES DE RESPONSABLE EDUCATIF. ETUDE EXPLORATOIRE DANS LE CADRE DE L'UNIVERSITÉ DU NORD-EST À SHENYANG EN CHINE..... 490

Xin ZHANG 490

CONTEXTOS NARRADOS PELA ANÁLISE ESTATÍSTICA IMPLICATIVA: UM MODELO DE EXTRAÇÃO CONHECIMENTO DA COGNIÇÃO SOCIAL PARA CHATBOT DE CIDADES INTELIGENTES 520

Viviani RIOS KWECKO, Fernando PEREIRA DE TOLEDO, Gabriel MORAES, Mauren PORCIUNCULA, Silvia SILVA DA COSTA BOTELHO..... 520

OS COLÓQUIOS A.S.I.: UMA ANÁLISE DAS PRODUÇÕES E DOS PESQUISADORES PARTICIPANTES 542

Vladimir LIRA VÉRAS XAVIER DE ANDRADE, Jean-Claude RÉGNIER e Paula Virgínia CHAVES CABRAL ANDRADE..... 542

CONTENUS D'IMAGES DES CAMPAGNES PRÉSIDENTIELLES DE 2007 ET 2012 DANS LA PRESSE ÉCRITE FRANÇAISE À LA LUMIÈRE DES CÔNES IMPLICATIFS 566

Marie Sophie MADIBA , Nadja Maria ACIOLY-RÉGNIER et Jean-Claude RÉGNIER 566

BONUS : ELEMENTS DE REPONSE AUX DEFIS APRES ASI 9..... 587

Régis GRAS 587

INDEX DES AUTEURS

Aitzol LASA, 267
Álvaro SÁENZ DE CABEZÓN, 267
André TOTOHASINA, 474
Andrée TIBERGHIEN, 168
Areti PANOURA, 350
Athanasios GAGATSIS, 350
Bakys Bruno RALAHADY, 397, 474
Brahim EL-MEKAOUI, 318
Carmen Roselaine de Oliveira FARIAS, 414
Cassio Cristiano GIORDANO, 450
Christian PELLOIS, 134
Christian RAZANATSOAVINA, 397
Cileda de Queiroz e Silva COUTINHO, 450
Claudio MAROJA, 233
Cristiana Marinho da COSTA, 414
Dominique LAHANIER-REUTER, 79
Eleni DELIYIANNI, 350
Fábio Oliveira SILVA, 233
Fernando PEREIRA DE TOLEDO, 520
Florence LE HEBEL, 168
Gabriel MORAES, 520
Iliada ELIA, 350
Ioulia TELEVANTOU, 350
Jaione ABAURREA, 267
Jean SIMON, 474
Jean-Claude LABERCHE, 397
Jean-Claude RÉGNIER, 1, 318, 414, 427, 542, 566
Laurence NDONG, 106
Lenir Morgado da SILVA, 233
Leonardo DALLA PORTA, 427
Lilian Ceile MARCIANO, 298
Marc BAILLEUL, 67, 79
Marcelo Rivelino RODRIGUES, 233, 372
Maria Cristina Elyote Marques SANTOS, 250
Marie Sophie MADIBA, 566
Mauren PORCIUNCULA, 520
Miguel R. WILHELMI, 267
Mylène DUCLOS, 168
Nadja Maria ACIOLY-RÉGNIER, 566
Pablo GREGORI, 90, 123
Pascale MONTPIED, 168
Paula Virgínia CHAVES CABRAL ANDRADE, 542
Paulo Cesar Marques de Andrade SANTOS, 250
Quércia Carvalho ELOI, 414
Raphaël COUTURIER, 123
Régis GRAS, 1, 79, 90, 106, 587
Saddo AG ALMOULOUD, 298
Sandro Coelho Moreira PINTO, 250
Silvia Maria de Aguiar ISAIA, 427
Silvia SILVA DA COSTA BOTELHO, 520
Sofia ANASTASIADOU, 217
Souhila GHANEM, 123
Styliana NICOLAOU, 350
Thiago Fernando Ferreira COSTA, 233
Tolga TEKIN, 280
Viviani RIOS KWECKO, 520
Vladimir LIRA VÉRAS XAVIER DE ANDRADE, 414, 542
Xin ZHANG, 490

INTRODUCTION DE L'OUVRAGE

ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE. CADRE THÉORIQUE EN RELATION ÉTROITE ET AU SERVICE DE MULTIPLES DISCIPLINES

Jean-Claude RÉGNIER[12], Régis GRAS[3]

En 2019, avec la tenue du 10ème colloque ASI à Belfort, nous pouvons mesurer que déjà 40 années se sont écoulées depuis la soutenance de thèse de doctorat[4] de Régis Gras qui constitue un point de départ répérable de la fondation du cadre de l'analyse statistique implicative, et 19 années depuis le premier colloque ASI.

A.S.I. – Analyse statistique implicative : une fois encore et encore, de quoi s'agit-il ?

Il ressort que l'Analyse Statistique Implicative peut être définie comme un cadre théorique d'analyse de données fondée sur une relation non symétrique. Il s'agit d'« … *un champ théorique centré sur le concept d'implication statistique ou plus précisément sur le concept de quasi-implication pour le distinguer de celui d'implication logique des domaines de la logique et des mathématiques. L'étude de ce concept de quasi-implication en tant qu'objet mathématique, dans les champs des probabilités et de la statistique, a permis de construire des outils théoriques qui instrumentent une méthode d'analyse de données*. »[5] (Gras, Régnier, 2009 p.12). Le présent ouvrage est constitué des articles issus d'un appel à contributions lancé dans le cadre du dixième colloque sur l'Analyse Statistique Implicative – ASI10 - organisé à Belfort en octobre 2019. Ces articles ont été soumis à la lecture critique[6] des membres du comité international scientifique qui en ont assuré la qualité scientifique. Nous rapportons ici la liste en leur adressant nos remerciements les plus chaleureux pour leur travail.

- Nadja **Acioly-Régnier**, EA4571 Éducation, Cultures, Politiques Université de Lyon - ESPé- Université Lyon 1 (France)
- Saddo **Ag Almouloud**, PPG Educação Matematica - Pontifícia universidade Católica de São Paulo (Brésil)
- Marc **Bailleul**, EA 965 CERSE, Université de Caen (France)
- Makram **Ben Jeddou**, ISET de Radès, Association ARSA et Université virtuelle UVT (Tunisie)

1 Président du comité scientifique de ASI10 - UMR 5191 ICAR, Université de Lyon - Lyon 2 (France)

2 Laboratory of sociocognitive linguistics and foreign language discourse teaching - National Research Tomsk State University

3 Fondateur - Polytech, LS2N, Université de Nantes (France)

4 Gras, R. (1979), Contribution à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs didactiques, Thèse d'état, Université de Rennes 1.

5 Gras R., Régnier J.-C., Guillet F. (Eds) (2009) Analyse Statistique Implicative. Une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités. RNTI-E-16 Toulouse Cépaduès Editions

6 Chaque contribution a été anonymement soumise à trois relecteurs dont les expertises ont été retournées anonymement aux auteurs.

- Antoine **Bodin**, Consultant en matière de curriculum et d'évaluation dans le domaine des mathématiques (France)
- Martine **Cadot**, LORIA, Nancy, (France)
- Cileda **de Queiroz e Silva Coutinho** PPG Educação Matematica - Pontifícia universidade Católica de São Paulo (Brésil)
- Raphaël **Couturier**, FEMTO-ST département DISC Université de Franche-Comté (France)
- Jérôme **Darmont**, Laboratoire ERIC - Université Lyon2 (France)
- Benedetto **Di Paola**, Département de mathématiques - Université di Palermo (Italie)
- Jean-Jacques **Droesbeke**, Université Libre de Bruxelles (Belgique)
- Iliada **Elia**, Département de Sciences de l'Éducation - University of Cyprus (Chypre)
- Athanasios **Gagatsis**, Département de Sciences de l'Éducation - University of Cyprus (Chypre)
- Pablo **Gregori**, IMAC - Universitat Jaume I de Castellón de la Plana (Espagne)
- Fabrice **Guillet**, LS2N UMR 6004, Equipe DUKe - École Polytechnique de l'Université de Nantes (France)
- Tatiana **Kabanova** National Research Tomsk State University - Tomsk (Sibérie, Russie)
- Pascale **Kuntz**, LS2N UMR 6004, Equipe DUKe - École Polytechnique de l'Université de Nantes (France)
- Dominique **Lahanier-Reuter**, Equipe Théodile CIREL - Université Lille 3 (France)
- Vladimir **Lira Veras Xavier de Andrade**, PPG Ensino das Ciências e da Matemática - UFRPE Recife (Brésil)
- Samuel Edmundo **Lopez Bello**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (Brésil)
- Paraskevi **Michael-Chrysanthou**, Department of Education University of Cyprus (Chypre)
- Maria del Pilar **Orus Baguena**, IMAC - Universitat Jaume I de Castellón de la Plana (Espagne)
- François **Pluvinage**, Depto. Matemática Educativa, CINVESTAV-IPN México and France
- Gilbert **Saporta**, Laboratoire CEDRIC - CNAM, Paris (France)
- Gérard **Vergnaud**, CNRS, Université Paris VIII (France)
- Miguel R. **Wilhelmi**, Departamento de matemáticas, Universidad Pública de Navarra (Espagne)
- Djamel Abdelkader **Zighed**, Laboratoire ERIC - Université Lyon2 (France)

A.S.I. – Analyse statistique implicative : pour mémoire, quelques-uns de ses lieux de débats et de construction.

Pour mémoire, le premier colloque ASI1 qui s'était tenu à l'Institut de Formation des Maîtres de Caen (France) les 23-24 Juin 2000 à Caen et avait été organisé par Marc Bailleul et Régis Gras, avait une thématique générale centrée sur **La fouille dans les données par la Méthode Statistique Implicative**. Ce choix correspondait à une orientation prometteuse quand on considère le développement et les activités de

l'association EGC (**E**xtraction et **G**estion des **C**onnaissances). Rappelons que la « fouille dans des données » (encore appelée **K**nowledge **D**iscovery in **D**atabases ou encore "Data Mining" dans la littérature anglo-saxonne) part, en général, du croisement de sujets (ou objets) et de variables (propriétés ou attributs) binaires, ordinales ou numériques. Son objectif majeur consiste à conjecturer des modèles basés sur des relations quantitatives ou qualitatives et des structures induites à partir des données. Différentes méthodes, comme l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.), la Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H.), sont communément utilisées pour de telles fouilles dans des données. Parmi elles, l'Analyse Statistique Implicative (A.S.I.) vise l'extraction de connaissances, d'invariants, de règles inductives non symétriques consistantes, et accorde une mesure non symétrique à des propositions du type « quand a est choisi, on a tendance à choisir b ».

Le deuxième colloque ASI2 a été organisé à l'Université PUC de São Paulo (Brésil) les 9-11 Juillet 2003, par Saddo Ag Almouloud.sur la thématique globale **O metodo estatístico implicativo utilizado em estudos qualitativos de Régis Gras de associação. Contribuição à pesquisa em Educação.**

Le troisième colloque ASI3 a été organisé par Filippo Spagnolo de l'Université de Palerme à Palerme (Italie) les 6, 7 et 8 octobre 2005.

Le quatrième colloque ASI4 s'est tenu à l'Université Jaume I de Castellón de la Plana (Espagne) du 18 au 21 octobre 2007 et fut organisé par Pilar Orus et Pablo Gregori.

Le cinquième colloque ASI5 s'était tenu à Palerme (Italie) les 5-7 novembre 2010, et a été l'occasion d'entendre près de 30 communications qui avaient été retenues par le comité scientifique parmi celles qui avaient été soumises, et ainsi de poursuivre le débat. Il est possible d'accéder aux publications : https://sites.univ-lyon2.fr/asi/5/ Revue QRDM[7] - G.R.I.M : http://math.unipa.it/~grim/QRDM_20_Suppl_1.htm

Le sixième colloque ASI6 s'était tenu à Caen (France) les 7-10 novembre 2012, et a été, une fois de plus, le lieu de riches échanges, l'occasion d'entendre une conférence de Guy Brousseau, et d'émettre une pensée chaleureuse à la mémoire de Filippo Spagnolo, président du comité d'organisation de ASI 5 qui nous a quittés peu de temps après, au début de 2011. Il est possible d'accéder aux publications : https://sites.univ-lyon2.fr/asi/6/ Revue QRDM5 - G.R.I.M. http://math.unipa.it/~grim/QRDM_22_Suppl_2.htm

Le septième colloque ASI7 s'était tenu à São Paulo (Brésil) les 27-30 novembre 2013. Il est possible d'accéder aux publications : https://sites.univ-lyon2.fr/asi/7/

Le huitième colloque ASI8 s'était tenu à Radès (Tunisie) les 11-14 novembre 2015. Il est possible d'accéder aux publications : https://sites.univ-lyon2.fr/asi/8/

Le neuvième colloque ASI9 s'était tenu à Belfort (France) les 4-7 octobre 2017. Il est possible d'accéder aux publications : https://sites.univ-lyon2.fr/asi/9/

A.S.I. – Analyse statistique implicative : publications majeures.

Rappelons qu'en 2009, 2013, 2017 et 2018, quatre ouvrages majeurs francophones ont été publiés chez Cépaduès à Toulouse :

- *Analyse Statistique Implicative. Une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités*[8].

7 Quaderni Di Ricerca In Didattica

8 Gras R., Régnier, J.-C., Guillet, F. (Eds) (2009) *Analyse Statistique Implicative. Une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités.* RNTI-E-16 Toulouse : Cépaduès

- *Analyse Statistique Implicative. Méthode exploratoire et confirmatoire pour la recherche de causalités*[9]
- *Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux Sciences Humaines et Sociales*[10]
- *La théorie de l'analyse statistique implicative ou l'invraisemblance du faux*[11].

Ils permettent de faire un point global sur les actualisations significatives de l'ouvrage de 1996, *L'implication statistique*, édité par La Pensée Sauvage Editeur (Grenoble France). Une autre publication majeure anglophone a été réalisée avec l'ouvrage[12] de 2008, *Statistical Implicative Analysis* diffusé par Springer-Verlag, (Berlin-Heidelberg, Allemagne). Enfin une publication en espagnol a aussi été produite avec l'ouvrage[13] de 2009 *Teoria y Aplicaciones del Analisis Estadistico Implicativo*, diffusé par Universitat Jaume-1, (Castellon Espagne).

Dans ce dixième colloque A.S.I.10 de 2019 à Belfort, les dimensions internationales et interculturelles, initiées dès ASI5 par l'introduction de cinq idiomes de travail : anglais, espagnol, français, italien et portugais, ont été maintenues, certes non sans difficultés et obstacles à dépasser, mais parce que cela nous semble fondamental pour enrichir nos champs et nos lieux de recherche. L'idiome russe a été introduit afin de présenter les fondements du colloque.

Les thèmes privilégiés furent :

- Concepts fondamentaux en ASI : modèles statistiques, types de variables, variables principales et supplémentaires ;
- Avancées nouvelles en cours, diverses métaphores de l'ASI, stabilité des indices, intensité d'implication entropique ; extension à de nouveaux types de variables, espace des sujets continu ; règles d'exception ; dualité espace des sujets - espace des règles, structure métrique et topologie de l'espace des sujets induites par leur contribution ou leur typicalité, analyse vectorielle, l'ASI, logique paracohérente
- Comparaison critique des démarches, des modèles, des représentations et des résultats de l'ASI avec ceux d`autres méthodes d'analyse de données (treillis de Galois, réseaux bayesiens, arbres d'induction, analyses factorielles, etc.)
- Pratique du logiciel CHIC, les développements actuels et attendus
- Spécificités de la formation à l'ASI : usage du logiciel CHIC, interprétation des représentations graphiques (graphe implicatif ; arbre de la hiérarchie cohésitive)
- Applications traitées par l'ASI et comparativement avec d'autres méthodes, dans les domaines de la didactique, des sciences de l'éducation, de la psychologie, de la sociologie, de l'économie, de l'histoire de l'art, de la biologie, de la médecine, de l'archéologie, etc. ;
- Présentations graphiques et numériques des résultats applicatifs, aides à l'interprétation de ces résultats, rôles respectifs et critiques des types de variables, des variables principales et supplémentaires choisies.
- Intérêt de l'ASI pour l'évaluation d'épreuves internationales ;
- Problématiques de la didactique de l'ASI.

---

9 Gras, R., Régnier, JC., Marinica, C., Guillet, F. (Eds) (2013**)** *Analyse Statistique Implicative. Méthode exploratoire et confirmatoire pour la recherche de causalités.* Toulouse : Cépadues

10 Gras, R., Régnier, JC., Lahanier-Reuter, D. Marinica, C., Guillet, F. (Eds) (2017) *Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux Sciences Humaines et Sociales*. Toulouse : Cépadues

11 Gras, R., (2018) *La théorie de l'analyse statistique implicative ou l'invraisemblance du faux*. Toulouse : Cépadues

12 Gras R., Suzuki E., Guillet F.., Spagnolo F. (Eds) (2008) *Statistical Implicative Analysis*, Berlin-Heidelberg : Springer-Verlag, ISBN : 978-3-540-78982-6

13 Orus P., Zemora L., Gregori, P. (Eds) (2009) *Teoria y Aplicaciones del Analisis Estadistico Implicativo*, Castellon : Universitat Jaume-1,, ISBN : 978-84-692-3925-4

Mais ce colloque a été aussi le lieu de confrontation de points de vue et de débats autour des défis qui ont été lancés à l'issue de A.S.I. 9

Défis 2019

- Défi 1: Cône implicatif : comment qualifier et quantifier les qualités globales des variables père, d'une part, et des variables fils par rapport au sommet du cône implicatif. Identifier les liaisons les plus cohérentes via le sommet du cône.
- Défi 2: On dispose d'un réseau d'arcs d'un graphe implicatif d'origine A. Ce graphe présente un caractère dynamique dont les arcs sont pondérés par des instances satisfaisant les règles. Il serait peut-être possible de construire une métaphore mécanique illustrant un tel graphe.
- Défi 3: Enrichir l'extension aux variables continues par des exemples authentiques ; les traiter et les analyser
- Défi 4: Faire une double analyse d'un fichier de données binaires ; d'une part avec l'analyse implicative et, d'autre part, en utilisant une méthode bayesienne.
- Défi 5: Recherche et traitement du degré d'homogénéité/hétérogénéité interne d'une population d'ensemble présentant un ordonnancement général des données compatible avec une structure implicative/cohésitive particulière
- Défi 6: Une variable a étant donnée et des conséquences b, c, d…. étant connues par a=>b, a=>c, a=>d, …est-il possible de définir une implication de a sur la conjonction de b, c, d…c'est-à-dire: a => (b et c et d et..) ?
- Défi 7: Établir en quoi la logique sous-jacente à l'ASI, la logique statistique implicative LSI, où l'on gère les contradictions à l'abri d'une certaine dialectique, est une logique paracohérente (ou paraconsistantes)
- Défi 8: La hiérarchie cohésitive semble être une métaphore du développement cognitif de l'homme. Ne serait-ce pas également celle de l'évolution au sens darwinien ?
- Défi 9: Définir pour une analyse donnée la notion de densité de l'ensemble des relations implicatives (règles). L'étudier en fonction du seuil retenu (ex. 0.95, 0.8., …) et qualifier la compacité d'un graphe implicatif par un rapport entre le nombre de règles représentées et le seuil. Cette étude peut faire penser à la notion de dimension fractale d'une courbe.

Délibérément comme pour les précédents colloques, le programme de A.S.I. 10 a été articulé autour d'une alternance équilibrée entre des communications portant sur des approches théoriques ou sur des mises en application, et des travaux pratiques sur les logiciels CHIC et R-CHIC

A.S.I. – Analyse statistique implicative :

Le présent ouvrage donne à voir une partie de l'activité de production scientifique suscitée par l'appel à communication du 10ème colloque A.S.I.10. Les contributions constituent les chapitres successifs de ce livre qui est une nouvelle version corrigée et augmentée de la 1ère édition imprimée remise aux participants au colloque, éditée sous forme numérique sous le numéro ISBN 978-2-9562045-3-4

LES MATHÉMATIQUES DE PISA 2012. HUIT PAYS À LA LOUPE DE L'ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE

Antoine BODIN[1], Hayette KHALED[2], Raphaël COUTURIER[3]

MATHEMATICS IN PISA 2012

EIGHT COUNTRIES UNDER IMPLICATIVE ANALYSIS SCRUTINY

RÉSUMÉ

L'étude présentée dans ce chapitre est une tentative d'application de l'Analyse Statistique Implicative (ASI) aux données du Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves (PISA). Il s'agit d'analyser, d'un point de vue didactique, les dépendances entre les items de l'enquête et de comparer l'organisation du savoir des élèves selon les pays participant à l'enquête. Avec l'ASI, il est en effet possible de mettre à plat les relations entre les items et de construire des graphes illustrant les relations liant les items (graphe implicatif et arbre cohésif). L'utilisation du programme RCHIC développé sous R (Couturier 2013) nous a permis de traiter une masse importante de données de huit pays. Les données traitées ici sont les données du domaine littératie mathématique de PISA2012, mais la méthode peut être utilisée pour d'autres domaines du même type. L'étude montre que les études édumétriques produites par PISA peuvent être utilement complétées par des études didactiques centrées sur les contenus évalués. Elle tend aussi à montrer que les organisations cognitives des élèves dépendent largement des curricula et des cultures propres à chaque pays.

Mots-clés : ASI, PISA, RCHIC, Densité implicative d'un graphe, Graphes orientés, Études comparatives, Niveaux de compétence.

ABSTRACT

This paper presents an attempt to use the Statistical Implicative Analysis (SIA) with the PISA database (Program for International Student Assessment). The aim of the research is to analyze the links between the cognitive items of the study and comparing the students' cognitive organization across countries. With SIA it is possible to get a close look to the dependency links between items and to display useful graphs (implicative graphs and cohesive trees). RCHIC, an R package software (Couturier 2013) has been used to process eight countries set of data. The data analysed for this communication are those of the PISA 2012 Mathematical Literacy, but the method can be used with set of any data of the same kind. The study shows that the scales produced by PISA can be usefully supplemented by didactic studies focused on the content evaluated; it also tends to show that the students' cognitive organization depends largely on the curricula and cultures specific to each country.

Keywords: SIA, PISA, RCHIC, Graph density, Oriented graphs, Oriented trees, Comparative studies, Proficiency levels.

[1] Institut de recherche sur l'Enseignement des mathématiques, Université d'Aix-Marseille, 163 Avenue de Luminy – Case 901, 13288 Marseille Cedex 09, antoinebodin@mac.com

[2] Université A/Mira Bejaia, Targa Ouzemour, hayette.khaled@univ-bejaia.dz ou aya_info6@yahoo.fr

[3] Univ Bourgogne Franche-Comté (UBFC), Institut FEMTO-ST, Belfort, raphael.couturier@univ-fcomte.fr

1 Introduction

À intervalles réguliers, dans de nombreux pays, les études internationales telles que PISA[4], TIMSS[5] ou PIRLS[6] font la une des journaux et publient des palmarès et des analyses plus ou moins détaillés qui sont à l'origine de réflexions nouvelles et de travaux complémentaires concernant leur objet d'étude. Les enquêtes PISA, organisées par l'OCDE[7] sont sans conteste les plus commentées, en particulier en ce qui concerne la littératie mathématique. Les recommandations de l'OCDE, dérivées des résultats de PISA ont une grande influence sur les développements curriculaires de nombreux pays.

Conformément aux objectifs de l'OCDE, les rapports de PISA mettent en relation les résultats des élèves avec de nombreuses variables de nature contextuelle (voir § 2.1) ; par contre, concernant les contenus du questionnement cognitif, ils ne proposent que des analyses sommaires des quelques très rares questions qu'ils rendent publiques et qui, pour la plupart n'ont pas été utilisées lors du test principal (*main test*).

À côté de ces rapports, de très nombreux articles et études, les uns de nature polémique ou médiatique, les autres issus de recherches menées dans divers cadres disciplinaires ont été publiés depuis le début des enquêtes PISA (année 2000). Les recherches elles-mêmes sont pour la plupart menées dans le cadre des sciences de l'éducation, de la sociologie de l'éducation, des sciences économiques ou de la philosophie de l'éducation. Très peu d'entre elles sont de nature didactique, ou, plus simplement, portent directement sur ce qui a permis de construire le thermomètre utilisé par PISA, à savoir les questions des tests cognitifs ; or, et l'on semble souvent l'oublier, la validité des études PISA, comme, par ricochet, la validité d'une grande partie des nombreuses études concernant les systèmes éducatifs menées dans le monde dépend directement de la validité du questionnement cognitif de PISA.

Dans cet article, nous ne traiterons pas directement de cet aspect de la validité, d'une part parce que l'accès particulièrement réduit au questionnement ne permet pas une analyse approfondie, d'autre part parce que des études partielles et éparses ont été menées par nous-mêmes et par d'autres chercheurs dans plusieurs pays (Bodin & Grapin 2018). Par contre, il nous a semblé que, même en ne faisant état que des informations que PISA rendait publiques, il était possible, en utilisant l'analyse statistique implicative (ASI), de rentrer davantage dans l'organisation des contenus d'évaluation et dans ce que l'analyse des résultats des élèves pouvait révéler en ce qui concerne leur organisation cognitive et les différences que ces organisations pouvaient présenter d'un pays à l'autre.

Il existe de nombreux travaux qui utilisent l'ASI dans divers contextes, spécialement celui de la recherche en éducation. Par exemple, dans les articles Couturier *et al*. (2015) et Couturier *et al.* (2016), les auteurs montrent à travers deux ensembles de données que l'utilisation de l'ASI permet de proposer des pistes d'amélioration de la qualité des enquêtes. Delacroix (2014b) s'intéresse à l'analyse de la réussite des étudiants aux questions d'un examen tout en intégrant les niveaux des étudiants. Dans Khaled *et al*., 2014, nous avons travaillé sur l'analyse des notes des étudiants en informatique en utilisant l'ASI et le logiciel CHIC. La suite de ce travail est présentée dans Khaled et Couturier (2015) dans lequel nous avons appliqué la méthode des réponses à items (IRT[8])

[4] PISA : International Program for Student Assessment (OECD)
[5] TIMSS: Trends in International Mathematics and Science Study (IEA)
[6] PIRLS: Progress in International Reading Literacy
[7] OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économique (inter-états)
[8] IRT : Item Response Analysis

aux mêmes jeux de données. Nous avons comparé les résultats des deux études pour mettre en évidence la complémentarité de ces deux approches.

D'après notre recherche bibliographique il ne semble y avoir eu à ce jour que trois études qui utilisent l'ASI avec des données d'enquêtes à grande échelle. Le premier est Oldenburg (2010), qui utilise l'ASI pour analyser des données de TIMSS 2003 concernant le Royaume Uni, c'est-à-dire dans un contexte mono-national. Le second, dû à Anastasiadou *et al*. (2013), utilise l'ASI pour détecter les facteurs responsables de la mauvaise performance des étudiants grecs de 15 ans dans les compétitions scientifiques. La troisième est Montpied et al. (2019) qui travaille sur des données issues des questionnaires contextuels de PISA dans le cas français. L'objectif de la présente recherche était d'approfondir l'utilisation didactique qu'il serait possible de faire des données de PISA. Nous avons choisi d'utiliser à cette fin l'analyse statistique implicative sur les données brutes des résultats des élèves dans le domaine mathématique de l'évaluation PISA 2012.

2 À propos du programme PISA

Pour le lecteur qui ne serait pas familier du programme PISA, nous renvoyons aux rapports officiels (OCDE 2013a, OCDE 2013b) ainsi qu'à l'étude de son cadre de référence que nous avons faite à la demande du CNESCO[9] (Bodin & Grapin, 2016). Toutefois, la familiarité avec PISA n'est pas nécessaire pour la lecture du présent chapitre.

2.1 Organisation du questionnement de PISA

Les items de PISA sont présentés aux élèves dans des cahiers de tests contenant des questions relevant chacune de l'un des champs de la littératie définis par l'OCDE : littératie mathématique, littératie scientifique et compréhension de l'écrit (*mathematical literacy*, *science literacy*, *reading literacy*). Pour PISA 2012 il y avait 13 cahiers différents comportant des blocs communs de façon à permettre les raccordements (voir tableau figure 2). Chaque élève n'a passé qu'un seul cahier. La méthode utilisée, dite des cahiers tournants permet de maximiser le nombre d'items posés tout en minimisant le temps de passation. Autre avantage : dans une même classe il n'y a pas plus de 3 élèves qui passent le même cahier ce qui limite fortement les risques de copiage. En plus des 2 heures de passation du cahier de tests cognitifs, les élèves ont répondu à un questionnaire dit contextuel. Les items de ce questionnaire portent sur les élèves eux-mêmes, sur leur environnement, sur leur rapport à l'enseignement, etc. D'autre part, des questionnaires contextuels sont aussi passés par les chefs d'établissements et, dans la plupart des pays par les enseignants et par les parents.

Pour l'OCDE, les questionnaires cognitifs sont certes importants, mais le plus important réside dans les relations qu'il est possible d'établir entre les résultats des élèves à ces tests et les éléments de contexte, que ce soit au niveau individuel ou au niveau collectif (des pays ou des économies). Bien au-delà de la description des acquisitions cognitives des élèves, PISA-OCDE cherche à mettre en évidence des corrélations voire des causalités liant les éléments de contexte socioéconomique, les conditions d'enseignement, les caractéristiques personnelles des élèves, leurs représentations et les

[9] CNESCO : Conseil National de l'Évaluation du système SCOlaire. Ministère de l'Éducation Nationale, France.

résultats aux tests cognitifs. Le but ultime est de dégager des règles supposées aider les systèmes éducatifs à s'améliorer, ceci dans un sens prédéfini qu'il n'est pas dans notre intention de discuter ici. Pour préciser ce point, signalons que moins du quart des rapports PISA (qui en 2012 s'étalaient sur plus de 2 500 pages dans 6 volumes) concernent directement le questionnement cognitif.

En plus des rapports officiels, de très nombreux articles de recherche ont été publiés dans le monde relativement aux enquêtes PISA. Très peu de ces travaux portent sur le questionnement proprement dit et cela pour au moins deux raisons :

- La plupart des recherches sont menées par des économistes, des sociologues ou des psychologues qui tendent à prendre les échelles publiées par PISA comme des produits dont il ne serait pas nécessaire d'interroger la validité et sans qu'il soit jugé nécessaire de remonter aux items qui ont permis de les construire.
- La politique de réserve de PISA conduit à ne porter à la connaissance des chercheurs et autres personnes intéressées que quelques questions après chaque cycle de l'enquête. Cette politique a bien sûr comme objectif de préserver la confidentialité des questions qui seront réutilisées lors des cycles suivants. L'un des points forts de PISA est en effet sa dimension longitudinale, mais ce point explique pourquoi il est très difficile de mener des recherches complémentaires sur PISA qui s'intéresseraient spécialement aux questions posées.[10]

2.2 Les questions mathématiques de PISA

Dans ce chapitre, nous ne nous intéresserons qu'aux questions du domaine mathématique. Précisons que le terme mathématique doit être pris au sens de la littératie mathématique telle qu'elle est définie par l'OCDE. Bien que le présent article ne concerne que l'analyse des données il n'est pas inutile de préciser le cadre et l'esprit dans lesquels ces données sont recueillies.

> « La littératie mathématique est la capacité d'un individu à formuler, employer et interpréter des mathématiques dans une variété de contextes. Cela inclut la capacité à raisonner mathématiquement et à utiliser des concepts, des procédures, des faits et des outils mathématiques pour décrire, expliquer et prévoir des phénomènes. Elle aide les individus à reconnaître le rôle que les mathématiques jouent dans le monde, à produire des jugements bien fondés et à prendre les décisions nécessaires en citoyens constructifs, engagés et réfléchis. » OCDE 2013 (traduit par Antoine Bodin)

Les questions de PISA sont constituées d'une amorce, appelée le stimulus, qui présente la situation dans laquelle viennent s'inscrire des items. Ces items sont supposés indépendants, ce qui est nécessaire pour assurer la qualité édumétrique des échelles produites. Toutefois, cette indépendance peut être mise en doute.

[10] Dans le cadre d'une étude effectuée pour le CNESCO (Conseil National de l'Évaluation du Système SCOlaire), l'un des auteurs de cet article a été autorisé par l'OCDE à consulter rapidement l'ensemble des questions de PISA 2012, ce qui lui permet de donner du sens aux analyses présentées dans cet article (cf. Bodin, A., et Grapin, N. (2016)).

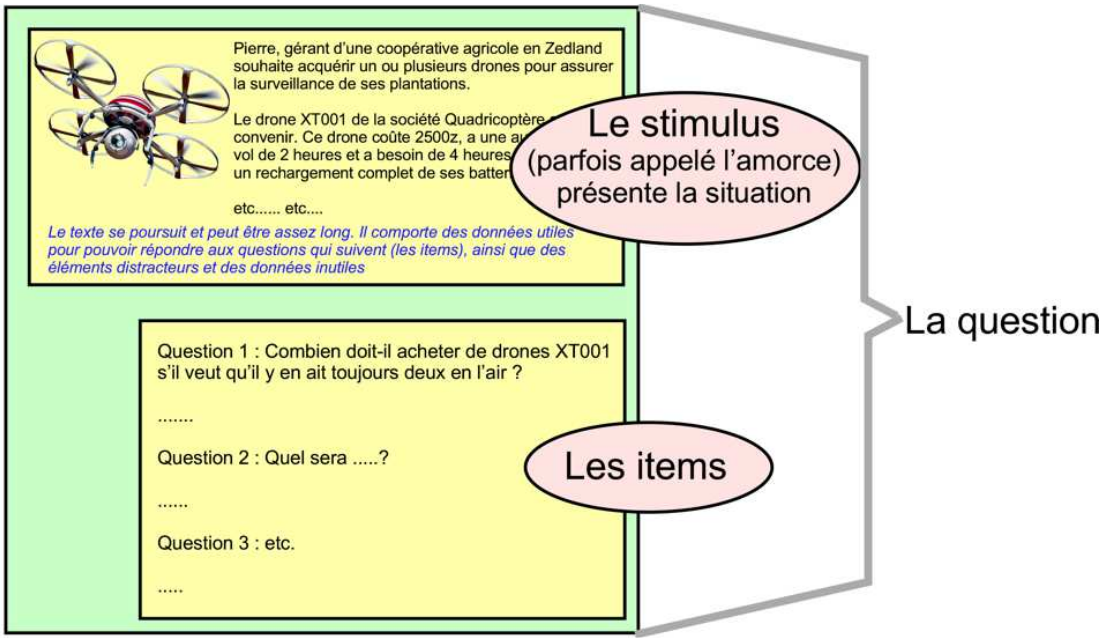


Figure 1 : Question, item, stimulus : organisation du questionnement cognitif

PISA classe les items du domaine mathématique suivant trois aspects : les contenus, les processus et les contextes. Les contenus sont classés en 4 catégories : Variations et relations, Espace et formes, Quantité, Incertitude et données. Les processus concernent le fonctionnement cognitif lié à la résolution des items. Ils sont classés en 3 catégories : Formuler, Employer, Interpréter. Ils constituent ce que PISA appelle le cycle de modélisation (cf. section 2.4.2). Les contextes sont relatifs aux situations dans lesquels les connaissances prennent leur sens dans le monde réel. Ils sont classés en 4 catégories : Personnels, Professionnels, Sociétaux, Scientifiques. La présente étude porte essentiellement sur les catégories de contenus.

2.3 Organisation des données de PISA

Pour des recherches du type de celle que nous essayons de mener, il est pour le moins conseillé de penser en amont au recueil des données et aux types de traitements que l'on envisage leur faire subir. On se retrouve alors devant des fichiers dans lesquelles chaque ligne renseigne un sujet bien identifié et chaque colonne renseigne une variable bien définie (variables binaires, fréquentielles, …). Dans le cas où l'on a affaire à plusieurs fichiers de ce type, la mise en relation de ces fichiers aura été prévue *a priori*. Divers types de traitements statistiques peuvent alors être utilisés ; parmi ceux-ci l'analyse statistique implicative (ASI) présente l'avantage de mettre les variables en relation orientée et donc de mettre de l'ordre dans un ensemble de variables (ordre partiel) (cf. section 3.1).

Malheureusement, dans le cas des études internationales et plus généralement dans le cas des données de masse («Big Data» ou mégadonnées), ces conditions sont rarement réunies : les données sont souvent éparpillées dans des fichiers séparés, portent sur des populations différentes et sur des variables de nature diverse. De plus, ces fichiers sont souvent de tailles différentes.

Dans le cas de PISA, la base de données contient les résultats des cycles d'études successifs (tous les trois ans depuis 2000) ; cela pour 60 à 70 pays, un nombre de domaines disjoints allant de 4 à 8, un nombre de variables (items) dépassant le millier (en

comptant les items des questionnaires contextuels) et des échantillons dont la taille (nombre d'élèves interrogés) varie de quelques centaines à plusieurs dizaines de milliers. Notre recherche s'est cependant opportunément limitée au cas d'un seul domaine (la littératie mathématique) et à huit pays. De plus nous ne nous sommes intéressés qu'aux données brutes des tests cognitifs. Nous avons malgré tout sous-estimé les difficultés.

L'étude PISA 2012 comporte 179 items de littératie, parmi lesquels 84 items de littératie mathématique. Ces items sont répartis dans 13 blocs (*clusters*), dont 7 de littératie mathématique) et ces blocs sont eux-mêmes répartis dans 13 cahiers (*booklets*) de façon à ce que chaque bloc apparaisse lui-même dans quatre cahiers différents et que deux items n'appartenant pas à un même bloc apparaissent exactement dans un cahier. Cette méthode, dite de répartition des items en blocs équilibrés incomplets (*balanced incomplete bloc design* - BIBD) permet, comme nous l'avons dit plus haut, de minimiser le temps de passation du test pour les élèves et de maximiser le nombre d'items qu'il est possible d'utiliser.

Nous nous retrouvons donc, pour chaque pays, avec 13 fichiers rassemblant chacun les résultats de l'un des 13 cahiers dans lesquels les trois domaines de la littératie se trouvent mélangés.

Le tableau ci-dessous dans lequel PM désigne les blocs de littératie mathématique, PS ceux de littératie scientifique et PR ceux de compréhension de texte (*Reading Literacy*) met en évidence la complexité du plan d'évaluation. Elle permet aussi de remarquer que des items des 3 domaines de trouvent mélangés dans un même cahier. Ainsi un élève peut se trouver devant 3 questions du domaine mathématique (en moyenne 6 items), puis 3 questions de compréhension de texte puis à nouveau trois questions de mathématiques ou de littératie scientifique. Précisons encore que chaque cahier contient environ en moyenne 55 items (pour les trois domaines), c'est-à-dire que l'élève a en moyenne 2 minutes à consacrer à chaque item.

Cahier	Répartition des blocs de questions dans les cahiers			
B1	PM5	PS3	PM6A	PS2
B2	PS3	PR3	PM7A	PR2
B3	PR3	PM6A	PS1	PM3
B4	PM6A	PM7A	PR1	PM4
B5	PM7A	PS1	PM1	PM5
B6	PM1	PM2	PR2	PM6A
B7	PM2	PS2	PM3	PM7A
B8	PS2	PR2	PM4	PS1
B9	PR2	PM3	PM5	PR1
B10	PM3	PM4	PS3	PM1
B11	PM4	PM5	PR3	PM2
B12	PS1	PR1	PM2	PS3
B13	PR1	PM1	PS2	PR3

Tableau 1 : Répartition des 13 blocs dans les 13 cahiers (traduit de OECD 2014)

Une paire d'items étant donnée, soit elle appartient à un même bloc, et dans ce cas elle figure dans quatre cahiers différents, soit elle appartient à deux blocs différents et dans ce cas elle ne figure que dans un seul cahier. Ainsi que nous l'avons dit plus haut, le nombre d'élèves ayant passé les épreuves PISA 2012 varie selon les pays. Il a été 293 (sic) dans le cas caricatural du Liechtenstein et de 38 000 en Italie (cas extrême) ; dans la plupart des autres pays, il a été d'environ 5 000, ce qui était nécessaire pour assurer le minimum acceptable de significativité statistique. Si l'on note n_i le nombre d'élèves d'un pays ayant passé les tests cognitifs, et e un item de l'étude. L'item e se trouve alors dans 4 cahiers et aura donc été passé par un nombre d'élèves égal à $\frac{4}{13}n_i$.

Si l'on considère maintenant deux items e et f.

- Soit ces deux items se trouvent dans le même bloc et ils auront encore été passés en commun par $\frac{4}{13}n_i$ élèves ;
- Soit ces deux items ne sont pas dans un même bloc et n'auront appartenu ensemble qu'à un seul cahier. La paire (e , f) n'aura, dans ce cas, été passée que par un nombre d'élèves égal à $\frac{1}{13}n_i$

Par exemple, dans le cas français, 5 682 élèves ont passé les tests PISA2012, toutefois, une partie de l'échantillon français a passé d'autres épreuves que les épreuves de littératie. Finalement, nous n'avons travaillé que sur 3 836 élèves (n_{FR} = 3 836).

Pour chaque item on peut donc compter sur les résultats d'environ 1200 élèves pour chacun des items, mais pour une paire d'items nous aurons, selon le cas, les résultats d'environ 1200 élèves, ou seulement de 300 élèves.

Le souci de PISA, est de produire des échelles susceptibles d'être comparées entre les pays et comparées dans le temps à travers les études menées tous les trois ans depuis l'année 2000. Pour cela ils « imputent » aux élèves qui n'ont pas passé un item a, la valeur la plus plausible qu'ils auraient pu avoir, calculée à partir des résultats des items qu'ils ont passés et de quelques traitements d'analyse de réponses aux items (IRT). Ainsi les rapports de PISA comme la plupart des travaux effectués sur les données de PISA s'appuient sur des variables latentes. Il s'agit de variables construites en utilisant l'IRT à partir des données brutes. Les scores de réussite aux items ont ainsi totalement disparu et ne subsiste plus que la position des pays, des domaines, des catégories, des items, et même des élèves sur une échelle de référence.

L'approche psychométrique de PISA l'amène à considérer chaque domaine et chaque catégorie de contenus et de processus (cf. section 2.4.2) comme définissant un « trait » qui sera rapporté à l'échelle de référence. Cela serait parfaitement légitime si les résultats des items correspondants étaient parfaitement emboîtés et formaient une échelle de Guttman parfaite, c'est-à-dire que l'inclusion ensembliste constituerait un ordre total sur les groupes d'élèves ayant réussi les items. Bien sûr ce n'est pas le cas et la méthode utilisée par PISA pour la construction des échelles n'est valable qu'en seconde approximation.

Les études PISA, comme les autres études internationales (TIMSS, PIRLS, etc.) produisent donc des échelles sur différentes dimensions, échelles qui permettent de comparer facilement les résultats des divers pays. L'échelle de référence relative à la compétence en littératie mathématique, échelle gaussienne *a priori* infinie, a été construite avec PISA 2003 de façon à avoir une moyenne internationale de 500 et un écart type de 100. Les échelles construites ultérieurement se rapportent à cette échelle de référence. Pour le domaine mathématique, la France se situait ainsi au niveau au niveau 511 pour PISA 2003 et est passée au niveau 495 pour PISA 2018. Simultanément, le niveau global de l'OCDE est passé de 500 à 489. Ces différences sont statistiquement significatives et sont loin d'être négligeables.

L'enquête PISA 2012 porte sur 65 pays. Nous avons choisi d'étudier plus particulièrement huit pays choisis pour leurs caractères assez contrastés : Allemagne, Corée, France, Finlande, Grèce, Italie, Japon, Singapour. La figure 3 met en évidence le niveau global de chacun de ces pays sur l'échelle PISA. Suivie dans le temps depuis l'année 2000, cette échelle permet de comparer les résultats des pays et de suivre l'évolution de ces résultats. On comprend qu'ils puissent être très utiles pour le pilotage des systèmes éducatifs.

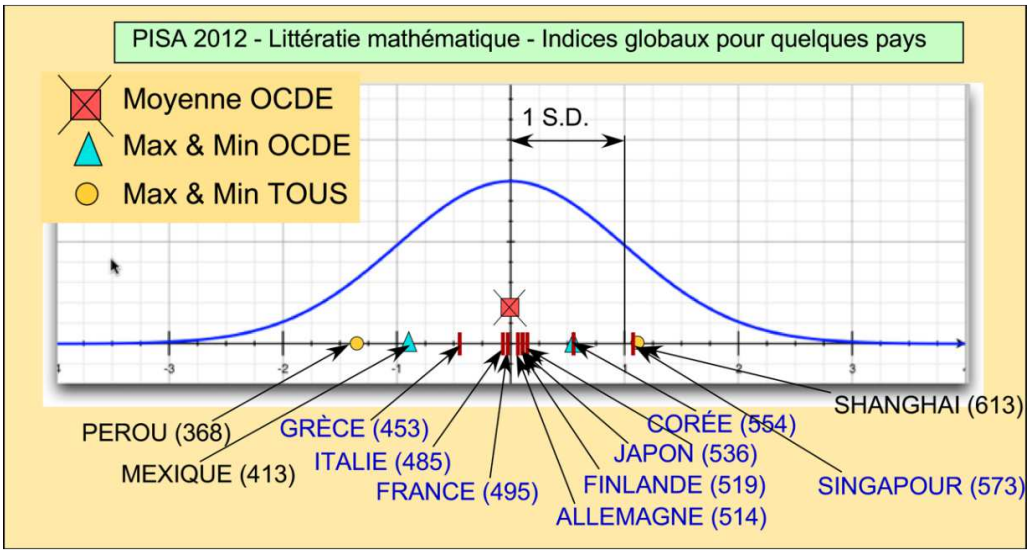


Figure 2 : une échelle PISA et la position de quelques pays sur cette échelle

Les données de chaque cycle de PISA (2000, 2003, etc.) sont officiellement accessibles à tous : données brutes et données transformées. Toutefois, ces données sont présentées dans des fichiers texte placés dans des dossiers d'environ 200 Mo, organisés pour être traités avec les logiciels SAS ou SPSS. Même dans ce cas, l'extraction des sous-fichiers qui nous intéressaient était une tâche qui nous a fait reculer pendant plusieurs années et qui a fait reculer bien d'autres chercheurs. Heureusement, nous avons été implicitement aidés par des collègues qui ont mis sous forme de package R les fichiers d'intérêt de PISA 2012 et, en particulier les fichiers des résultats cognitifs des élèves des 65 pays participant (Caro & Biecek 2017).

2.4 Catégories, difficulté, processus et complexité des items

Les items sont classés 4 catégories :

- Catégorie « espace et formes »
- Catégorie « incertitude et données »
- Catégorie « Quantité »
- Catégorie « Variations et relations »

Dans cette section, nous abordons, en premier lieu, des questions portant sur les niveaux relatifs de difficulté des items. Puis nous reprenons les trois processus retenus par PISA : Formuler, Employer et Interpréter ainsi que la prise en considération des niveaux de complexité cognitive des items.

2.4.1 Étude de la difficulté des items

La difficulté d'un item est relative à un groupe d'élèves : il s'agit simplement du pourcentage de réussite observé sur ce groupe d'élève. Ainsi un item peut être facile pour les élèves français et difficile pour les élèves allemands. Bien que nous ne nous intéressions pas directement aux taux de réussite, une question venait immédiatement à l'esprit : l'ordre de difficulté des items dépend-il des pays étudiés ?

En calculant le nombre de permutations de deux éléments qu'il faut effectuer pour passer des rangs des scores d'un pays à leurs rangs dans un autre pays, on s'aperçoit que, d'un pays à l'autre, l'ordre de difficulté est assez différent. Plus précisément, si l'on range

les items dans l'ordre de difficulté croissant pour un pays A, il faut modifier l'ordre de deux items successifs dans environ la moitié des cas pour retrouver l'ordre de difficulté observé pour un pays B. Le tableau Annexe 1 met en évidence les différences de rangs de l'ensemble des 84 items. Toutefois, les différences de taux de réussite conduisant à des inversions de l'ordre sont parfois minimes, si bien que, en tenant compte des fluctuations d'échantillonnage, on peut accepter l'idée que, si l'on met de côté environ le quart des items l'ordre de la difficulté est respecté.

Il reste toutefois des différences importantes. Par exemple (pourcentage arrondis) :

- Inversion de l'ordre de réussite des items PM949Q02T et PM420Q01T entre la Finlande et la Corée :
    - L'item PM949Q02T (item de géométrie) est réussi 14 % des élèves en Finlande alors qu'il est réussi par 74 % des élèves en Corée (49 % en France).
    - A contrario, l'item PM420Q01T (item de statistique) est réussi 28 % des élèves en Corée alors qu'il est réussi par 57 % des élèves en Finlande (48 % en France).
- Inversion de l'ordre de réussite des items PM828Q03 et PM803Q01T entre l'Allemagne et le Japon :
    - L'item PM828Q03 (item de statistique) est réussi 9 % des élèves au Japon alors qu'il est réussi par 37 % des élèves en Allemagne (30 % en France).
    - L'item PM803Q01T (item de statistique) est réussi par 36% des élèves en Allemagne alors qu'il est réussi par 56% des élèves au Japon (24% en France).

Les écarts sont pour la plupart plus faibles (de l'ordre de 10 à 20 %), ils n'en manifestent pas moins des différences de comportement des élèves selon les pays et les items.

Pour aller plus loin dans l'analyse de ces différences, il faudrait travailler directement sur les questions et pouvoir les présenter ici. On peut simplement faire l'hypothèse qu'elles sont dues à des différences curriculaires marquées (par exemple le poids de la géométrie ou des statistiques n'est pas le même selon les pays). On peut aussi se demander s'il n'y a pas eu, ici ou là des défauts de traduction.

Précisons ici que pour limiter les biais et rendre l'évaluation aussi équitable que possible, les techniques utilisées par PISA pour paramétrer les items, en particulier l'analyse des réponses aux items, auraient dû avoir pour effet non de réduire la difficulté des items selon les pays, mais d'assurer un même ordre de difficulté d'un pays à l'autre, ou du moins des ordres de difficulté très voisins. On voit que c'est à peu près ce qui se passe, mais à peu près seulement.

L'année précédant la passation officielle des tests (*main test*), PISA expérimente un nombre important d'items dans un certain nombre de pays (*field test*). Les procédures de calibrage des items utilisées le conduisent à éliminer les items qui pourraient désavantager certains pays. C'est en particulier le cas des items qui dans un ou plusieurs pays s'éloigneraient trop de l'ordre observé sur l'ensemble des pays. Notons à nouveau qu'il ne s'agit pas des taux de réussite eux-mêmes mais de l'ordre dans lequel ils sont placés.

Ce point est important pour l'interprétation des chaînes implicatives qui suivront. En effet, ces chaînes se forment dans un ordre de taux de réussite croissant ; il sera nécessaire de prendre en compte ces taux de réussite pour savoir si des différences dans les graphes implicatifs ne sont pas simplement dues à des inversions, éventuellement minimes et donc non significatives, de l'ordre des taux de réussite.

Précisons encore que, malgré ces différences dans l'ordre des difficultés, les corrélations entre les pays des scores moyens de l'ensemble des items restent très élevées, comme le montre le tableau Annexe 2. Les valeurs des coefficients de corrélation les plus élevés sont observés en particulier entre la France et l'Allemagne (0,97) et entre l'Allemagne et la Finlande (0,98) ; les moins élevés est entre Singapour et la Grèce (0,86), le Japon et la Grèce (0,87) et entre la Corée et la Finlande (0,87).

Bien que le niveau global de réussite des pays ne concerne pas directement notre étude il peut tout de même être utile de bien le situer. Le tableau Annexe 3 met en évidence les différences de scores moyens des pays étudiés ainsi que les scores tels que donnés par PISA (sur une échelle gaussienne de moyenne 500 et d'écart-type 100) (voir aussi figure 2).

2.4.2 Étude des processus mis en jeu par les items

PISA s'intéresse moins aux connaissances proprement dites qu'à l'utilisation que les élèves sont capables d'en faire dans des situations plus ou moins complexes relevant de vie courante. En littératie mathématique, la modélisation est le principal mot-clé de PISA. Les trois processus retenus par PISA sont Formuler, Employer et Interpréter. Le cycle de modélisation est illustré par la figure 3.

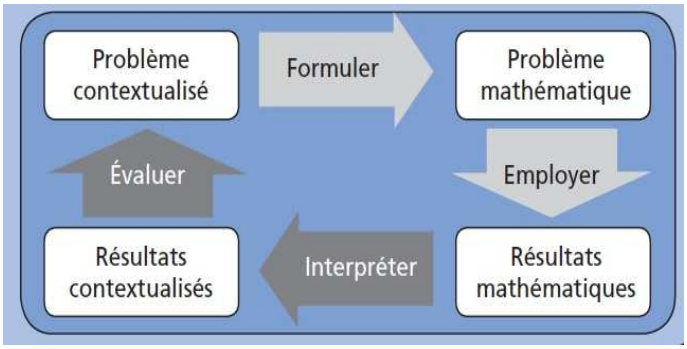


Figure 3 : Le cycle de modélisation de PISA 2012 (OCDE 2013)

Chaque item appelle plus ou moins chacun des trois processus mais il est classé par PISA dans la catégorie de processus supposée dominante.

Contrairement à la complexité cognitive (section 3.1.2), les processus ne sont pas supposés hiérarchisés.

Des échelles PISA sont construites par rapport à ces processus. Dans le cas de notre recherche on peut se demander comment les pays se situent par rapport à ces processus. La figure 4 qui illustre une partie du tableau Annexe 4 met en évidence la similitude à travers les pays dans l'ordre des niveaux de réussite selon les processus. Toutefois, on peut observer des différences. Par exemple, l'Allemagne est sensiblement au même niveau que le Japon pour la catégorie Interpréter, mais elle est à un niveau très inférieur pour la catégorie Formuler. Pour une raison qui reste à élucider, il semble que, dans l'ensemble, les élèves allemands ont moins bien compris les questions que les élèves japonais.

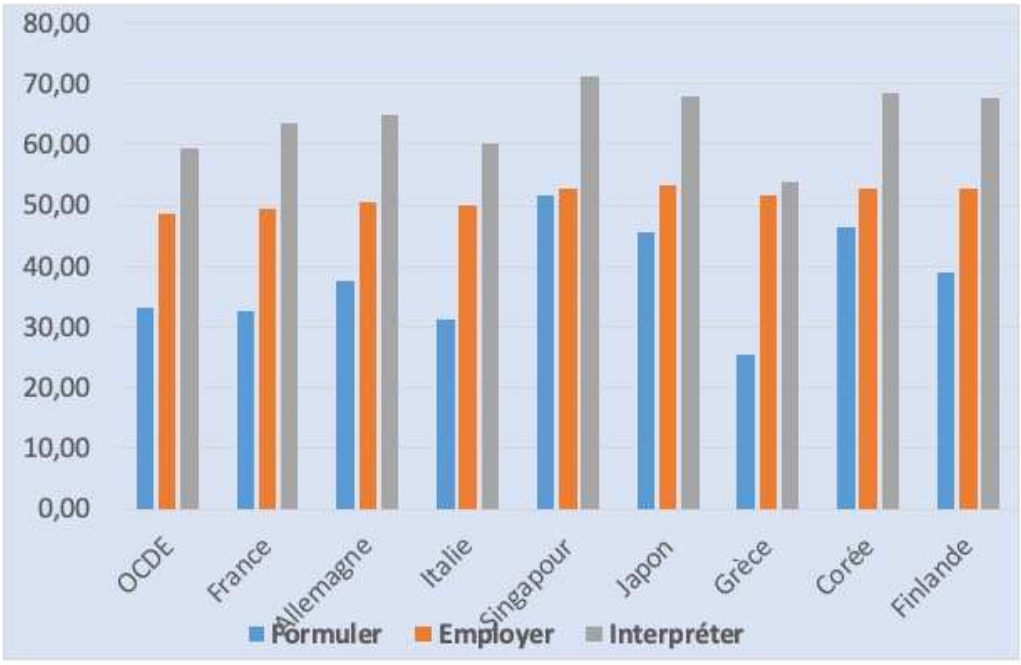


Figure 4 : Scores de réussite moyenne selon les pays et les processus

2.4.3 Étude de la complexité des items

Contrairement aux niveaux de difficulté des items, qui sont relatifs aux groupes d'élèves auxquels ils sont soumis, leur niveau de complexité cognitive est déterminé à partir d'une analyse de la tâche et de ce fait est relativement indépendant de ces groupes. Il convient toutefois de nuancer ce propos en précisant que cela n'est valable que sous certaines conditions d'équivalence curriculaire et de maturation cognitive des groupes de sujets étudiés. Il est clair que cette indépendance qui, déjà, n'est pas assurée entre groupes d'élèves d'un pays donné, risque fort d'être mise à défaut entre groupes d'élèves de pays différents.

Pour l'analyse de la complexité cognitive des items, nous utilisons la taxonomie Gras-Bodin. Nous ne détaillerons pas cette taxonomie dans cet article. Elle a en effet été développée et utilisée en marge de l'ASI et ailleurs depuis de nombreuses années (Gras 1979, Bodin & Gras 2017).

Précisons simplement les intitulés des niveaux de complexité :

- Niveau A : Connaissance et reconnaissance
- Niveau B : Compréhension
- Niveau C : Application
- Niveau D : Créativité
- Niveau E : Jugement

Par définition, la taxonomie est hiérarchisée, c'est-à-dire que l'on s'attend à ce qu'un item de niveau A soit mieux réussi qu'un item de niveau C. En effet classer un item au niveau C suppose qu'il met en jeu des connaissances, suppose la compréhension de ces connaissances ainsi que les savoir-faire associés. La taxonomie comporte des sous rubriques (A1, A2, A3, etc.) ; cependant nous nous limitons ici aux rubriques principales (voir complément en annexe 13). L'un des objectifs de notre étude était d'étudier la façon

dont l'ordre implicatif observé selon les pays respecte ou non la hiérarchie de la complexité cognitive telle que nous l'avons définie.

Le tableau Annexe 4 montre que les scores moyens respectent bien l'ordre taxonomique, au niveau international comme dans chacun des pays étudiés. Reste à savoir dans quelle mesure cet ordre est aussi respecté dans le détail de l'organisation des items. Cette question sera reprise dans les paragraphes suivants. Le diagramme de la figure 6 illustre les mêmes résultats.

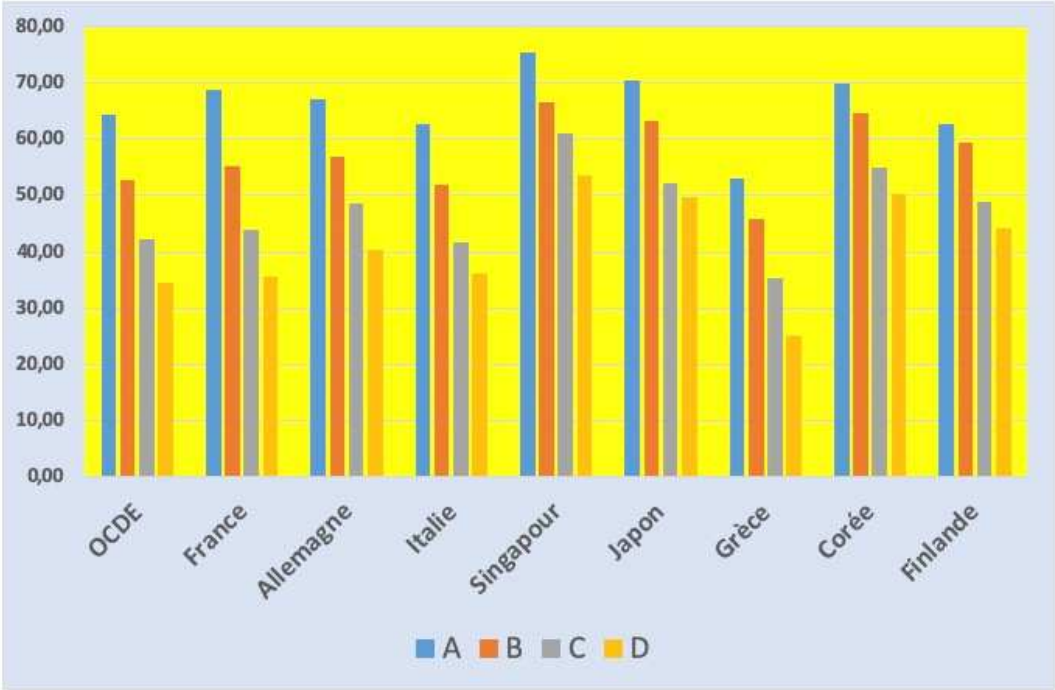


Figure 5 : Scores de réussite moyenne selon les pays et le niveau de complexité des items

On voit par exemple que, Singapour et Grèce mis à part, il y a peu de différence pour les items de niveau A (connaissance et reconnaissance) entre les pays étudiés. Les autres niveaux creusent les écarts. Ainsi les items de niveau D (créativité) sont réussis en moyenne par 36 % des élèves en France comme en Italie, alors qu'ils sont réussis par 50 % des élèves au Japon et en Corée.

Le tableau Annexe 4 indique que les niveaux A, D et E sont fortement sous-représentés : respectivement 3 , 7 et 0 items, par rapport aux niveaux B et C (respectivement 29 et 45 items), ce qui limite fortement l'usage que nous pouvons faire de ces résultats. Nous avons cependant voulu les présenter ici pour plusieurs raisons :

- La classification utilisée par PISA en termes de processus n'est pas hiérarchisée et ses critères de classement sont assez flous. Notre classification est tout aussi discutable mais elle met en évidence que d'autres choix sont possibles qui peuvent conduire à des conclusions différentes.
- Le fait que la catégorie A (Connaissance et reconnaissance) est très peu représentée est conforme aux objectifs de PISA. Cependant un codage plus fin des réponses des élèves et un intérêt plus grand porté à leurs procédures auraient permis de renforcer ce niveau sans pour autant modifier l'évaluation.
- Le fait que les catégories D et E soient si faiblement représentées est en revanche assez contradictoire avec les objectifs déclarés de PISA. On peut cependant s'attendre à ce que ce défaut soit corrigé dans les prochaines études. En effet le

cadre de référence de 2021 insiste fortement sur la créativité et l'esprit critique (compétences du XXI° siècle).

3 Analyse statistique implicative des données de PISA 2012

Ainsi que nous l'avons précisé dans l'introduction, l'objectif de notre recherche était d'approfondir l'utilisation didactique que l'on pourrait faire des données de PISA. Pour cela nous avons choisi de privilégier l'étude des relations existantes entre les réussites des élèves aux items du domaine mathématique de PISA 2012 et de comparer ces relations observées dans plusieurs pays. Nous avions évidemment besoin des vraies données de vrais élèves et non, comme nous l'avons montré plus haut, des seuls résultats agglomérés et autres variables latentes. C'est là que les difficultés commencent. En particulier nous avons dû retirer la Finlande pour la suite des traitement car nous n'avons pas réussi à obtenir les données individuelles des élèves.

3.1 L'analyse statistique implicative et les programmes CHIC et RCHIC

Commençons par donner quelques précisions sur le cadre théorique de l'ASI, sur les programmes qui lui sont associés et par mettre en évidence la pertinence de l'utilisation de l'ASI pour répondre aux questions que nous nous posons. Nous ne pouvons donner ici qu'un léger aperçu de la théorie de l'analyse statistique implicative et de ses multiples développements. Pour aller plus loin, nous renvoyons le lecteur au panorama historique établi par Gras (2013).

Ainsi que nous l'avons dit en introduction, notre objectif est la comparaison, dans une perspective internationale, des relations existantes entre les comportements de réponse des élèves à des questions posées dans des études internationales (ici PISA 2012). Dans la section 2, nous avons vu comment l'ordre des difficultés des items était partiellement respecté d'un pays à l'autre, comment aussi, malgré la méthodologie de l'évaluation mise en œuvre par PISA, laquelle tend au respect de cet ordre, cet ordre était loin d'être toujours respecté. De toute façon, l'observation de cet ordre est de peu d'intérêt d'un point de vue didactique. Bien plus intéressant serait de connaître la façon dont s'organisent les réussites des élèves. Précisons cela en considérant un ensemble d'items classés par ordre de réussites pour un groupe d'élèves, soit $\mathbf{(a_1, a_2, \ldots, a_n)}$, et les ensembles d'élèves de ce groupe ayant réussi ces items, soit $\mathbf{(e_1, e_2, \ldots, e_n)}$. Dans le cas où ces items relèveraient d'une même compétence, on s'attendrait à avoir une suite d'ensembles emboités $\mathbf{e_1 \subset e_2 \subset \ldots, \subset e_n}$; c'est-à-dire une échelle de Guttman. On sait cependant que cette situation n'est pratiquement jamais observée.

Plus précisément, considérons un item **a** réussi par α% des élèves d'une population donnée et un item **b** réussi par β% des mêmes élèves et tels que **a** soit moins bien réussi que **b** (c'est-à-dire $\alpha < \beta$). Soit **E** l'ensemble des élèves qui ont passé ces deux questions et notons **A** l'ensemble des élèves qui ont réussi l'item **a** et **B** l'ensemble des élèves qui ont réussi l'item **b**. La figure 6 illustre cette situation.

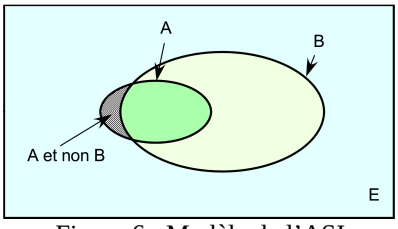


Figure 6 : Modèle de l'ASI

Plusieurs situations peuvent alors se présenter :

- L'ensemble A est entièrement contenu dans l'ensemble B. La réussite à l'item **a** implique la réussite à l'item **b** au sens habituel de la logique.
- L'ensemble A est disjoint de l'ensemble B. On dira alors que la réussite à l'item a est sans relation avec la réussite à l'item b.
- L'intersection des ensembles A et B n'est pas vide (cas de la figure 7). Selon la taille de l'intersection de A et de B, on dira que la réussite à l'item **a** a plus ou moins tendance à impliquer la réussite à l'item b.

Cela est valable lorsque **E** est la population à laquelle on s'intéresse mais n'est pas valable lorsque l'on s'intéresse à une population $\mathcal{E}$, souvent beaucoup plus grande, pour laquelle **E** n'est qu'un échantillon. Cela est justement le cas des études à grande échelle telles que PISA. Dans ce cas, on le sait, seule la démarche probabiliste peut éviter de donner une valeur globale à une observation locale.

La question devient ainsi la suivante : **dans quelle mesure une dépendance observée localement permet de prévoir une dépendance globale ?**

L'analyse statistique implicative développée par Gras (1979), ses élèves et collaborateurs permet de répondre à cette question. Il s'agit d'une méthode d'analyse des données qui permet d'étudier l'organisation d'un ensemble de données et particulièrement d'étudier les dépendances orientées entre variables. Développée initialement dans le cadre de la didactique des mathématiques, la théorie statistique implicative est maintenant utilisée dans de nombreux domaines, de la psychologie à la biologie en passant par les beaux-arts[11].

En simplifiant, disons que l'analyse statistique implicative procède d'une approche probabiliste : étant donné deux évènements A et B (par exemple la réussite à deux items a et b) et alors que nous visons l'inclusion de A dans B (cf. figure 6), c'est-à-dire que les élèves qui réussissent l'item **a** réussissent aussi l'item **b**, on se demande **dans quelle mesure, sous l'hypothèse d'indépendance de ces deux évènements, si ce qui est observé en termes de réalisation conjointe de A et de non B peut ou non être le fruit du hasard.**

Considérons la variable aléatoire « nombre de contre-exemple(s) » $card(X \cap \overline{Y})$. Par définition, (Gras *et al*. 2017) la quasi-règle a→b est admissible au niveau de confiance 1-α si et seulement si $Prob[\text{Card}(X \cap \overline{Y}) < card(A \cap \bar{B})] \leq \alpha$

On construit alors la variable indice d'implication Q comme variable centrée réduite de la variable nombre de contre-exemple(s).

$$Q(a,\bar{b}) = \frac{Card(X \cap \bar{Y}) - E[Card(X \cap \bar{Y})]}{\sigma[Card(X \cap \bar{Y})]}$$

Puis l'intensité d'implication φ(a,b) est alors ainsi définie :

$\varphi(a,b) = 1 - Prob[card(X \cap \bar{Y}) \leq card(A \cap \bar{B})]$ si $n_b \neq n$ et $\varphi(a,b) = 0$ si $n_{b=}n$

Nous avons présenté ici l'approche dite classique de l'indice d'implication et de l'intensité d'implication pour des variables binaires.

Pour des échantillons de grande taille, la taille de **A et non B** peut être très grande et même plus grande que celle de **A et B** tout en produisant une intensité d'implication de **A** vers **B** très voisine de 1 ; cela marquant la surprise d'avoir, malgré tout, **A et non B** si petit par rapport à ce que l'on pourrait attendre sous l'hypothèse d'indépendance de **A** et

[11] Ce paragraphe et les 4 suivants sont repris et adaptés de : Bodin & Grapin (2018).

B. Cette situation contredit alors l'idée de départ qui est de s'intéresser à la « presque inclusion » de **A** dans **B**.

D'autres indices dérivés de ce dernier ont été développés pour répondre à cette situation.

- L'intensité d'implication entropique qui s'appuie sur la théorie de l'information. Nous ne l'utiliserons pas dans ce document.
- L'intensité d'implifiance [implication+confiance] qui introduit dans sa formulation la probabilité conditionnelle de B/A (B sachant A), sachant que l'on souhaite cette probabilité aussi grande que possible. La probabilité B/A dans la population est alors estimée par la probabilité observée dans la contingence. La relation entre l'intensité d'implication et l'intensité d'implifiance n'est pas linéaire, mais pour le type d'échantillon sur lequel nous avons travaillé une intensité d'implifiance supérieure à 0,80 correspond à une intensité d'implication supérieur à 0,99.
- Une troisième approche, moins satisfaisante d'un point de vue théorique consiste à coupler l'indice classique avec une limitation de la probabilité conditionnelle observée à un seuil minimum.

L'analyse statistique implicative associée au coefficient de confiance permet de repérer des chaînes qui s'apparentent à des échelles de Guttman et qui permettent de repérer l'évolution des élèves dans le développement d'une capacité particulière et, au-delà, d'une compétence particulière, du moins lorsque l'enquête et les données s'y prêtent (cf. section 3.7).

Après diverses simulations utilisant les possibilités de l'ASI implémentées dans le programme RCHIC-PISA développé par Raphaël Couturier (Couturier & Ghanem 2017), nous avons choisi d'utiliser l'approche fondée sur le modèle dit classique de l'intensité d'implication associée à la confiance dans la suite de ce chapitre. Comme nous l'avons vu ci-dessus, l'indice d'implication classique et l'intensité d'implication sont assez faciles à interpréter, tandis que le coefficient de confiance a une signification immédiate.
Nous avons retenu pour l'intensité d'implication, le seuil minimum de 0.95, seuil qui permet de ne pas laisser s'échapper des liaisons implicatives qui, si étant d'intensité extrême, sont très fortes.

Pour le coefficient de confiance, de façon pragmatique, nous avons retenu le seuil minimum de 75%. Compte tenu de la taille des échantillons sur lesquelles nous avons travaillé, cela correspond, pour la population, à une confiance appartenant à l'intervalle [73% ; 77%]. Pour un enseignant, savoir que les trois-quarts des élèves ayant réussi un item a réussiront (ou, mieux, réussiraient) un item b donné, et savoir cela pour un ensemble d'items, lui permet de s'intéresser de façon spécifique au quart restant et d'organiser une réelle pédagogie différenciée.

3.2 Structuration des données pour le logiciel RCHIC

Nous avons vu que les fichiers de données de PISA2012 étaient répartis dans des fichiers de tailles différentes, de variables différentes, et portant sur des échantillons de tailles différentes. Notre projet étant de comparer des chaînes implicatives et des graphes implicatifs issus de ces fichiers, cela n'était pas sans poser de problème. En partant de ces fichiers, il n'était bien sûr pas possible de construire, pour un pays donné, une matrice de lignes (les élèves) et de m colonnes (les 84 items). En revanche, comme tout couple

d'items **(a, b)** appartenait à au moins un cahier de l'évaluation (cf. section 2.3), il était donc possible de calculer l'intensité d'implication de **a** vers **b** et le coefficient de confiance relativement à cette règle d'implication statistique. Cela permettait donc de construire directement les matrices des intensités d'implication et des coefficients de confiance.

Nous obtenions ainsi pour un pays $\mathbf{P_i}$, la matrice des intensités d'implication $\mathbf{M_i i}$ et la matrice des coefficients de confiance $\mathbf{M_i c}$ aux seuils choisis Ici celles-ci sont des matrices carrées de 84 lignes et 84 colonnes. De telles matrices ne pouvant pas être traitées par le logiciel CHIC, ni par RCHIC, lesquels supposeraient des matrices sujets x items, nous avons développé un programme sous R permettant à la fois de construire les matrices d'intensités d'implication et de les traiter (programme RCHIC-PISA).

En seconde analyse, un autre problème s'est posé : les tailles des fichiers de départ étant différents, les intensités d'implication et les coefficients de confiance étaient calculés sur des effectifs différents. Était-il alors légitime de les comparer ?

Considérons le cas de deux items **a** et **b** et de deux pays $\mathbf{P_1}$ et $\mathbf{P_2}$. Notons $\boldsymbol{\varphi_1}\mathbf{(a, b)}$ et $\boldsymbol{\varphi_2}\mathbf{(a, b)}$ les intensités respectives d'implication de **a** vers **b**. Supposons alors que l'on ait :

$$\boldsymbol{\varphi_1}\mathbf{(a, b)} < \boldsymbol{\varphi_2}\mathbf{(a, b)}$$

Peut-on alors conclure que la règle d'implication statistique de **a** vers **b** est moins forte pour le pays $\mathbf{P_1}$ que pour le pays $\mathbf{P_2}$? Ce serait oublier que l'indice d'implication ainsi que l'intensité d'implication sont sensibles à la taille de l'échantillon. En fait, cette conclusion ne serait légitime que si les échantillons étaient de mêmes tailles.

Or, pour les pays que nous voulions étudier ces tailles variaient de 250 à 1500 ! Nous avons donc décidé de ré-échantillonner pour ne garder que des échantillons de taille 250. Pour limiter les biais de ré-échantillonnage, nous avons dans chaque cas tiré 20 échantillons et fait la moyenne des valeurs trouvées pour les matrices d'intensités d'implication et de coefficients de confiance.

3.3 Un indicateur : densité implicative

Afin d'explorer l'information apportée par des graphes implicatifs qui sont constitués par une grande quantité de flèches représentant les relations d'implication statistique retenues et qui sont, de ce fait, pratiquement illisibles et, par conséquent, impossibles d'être efficacement interprétables, nous avons créé un indicateur que nous nommons **densité implicative**.

3.3.1 Présentation de l'indicateur

Si l'on considère les matrices d'intensités d'implication générées par RCHIC-Pisa, nous avons 84×84 couples de variables, donc 7 056 intensités d'implication par pays. En enlevant la diagonale et en ne conservant que les couples de variables orientés de l'occurrence la plus grande à l'occurrence la plus petite, il nous reste 3486 couples à étudier. Après de nombreux essais, nous avons choisi d'utiliser l'indice d'implication classique avec une intensité d'implication supérieure à 0.95 et un coefficient de confiance supérieur à 75%. Par la suite, nous appellerons règles d'implication statistique forte celles qui vérifient ces conditions. Malgré ces seuils exigeants les graphes obtenus sur les matrices 84 x 84 font apparaître plusieurs milliers de liaisons implicatives. L'image

fournie par la figure 8 ne montre que moins de $\frac{1}{20}$ de la surface du graphe obtenu dans le cas français pour l'ensemble des 84 variables et pour les seuils retenus. Cette image n'apporte aucune information ; elle est présentée ici pour montrer que, *a priori*, c'est plutôt le chaos qui domine et qu'il est nécessaire de faire des choix si l'on veut extraire quelques sous-graphes susceptibles d'apporter de l'information.

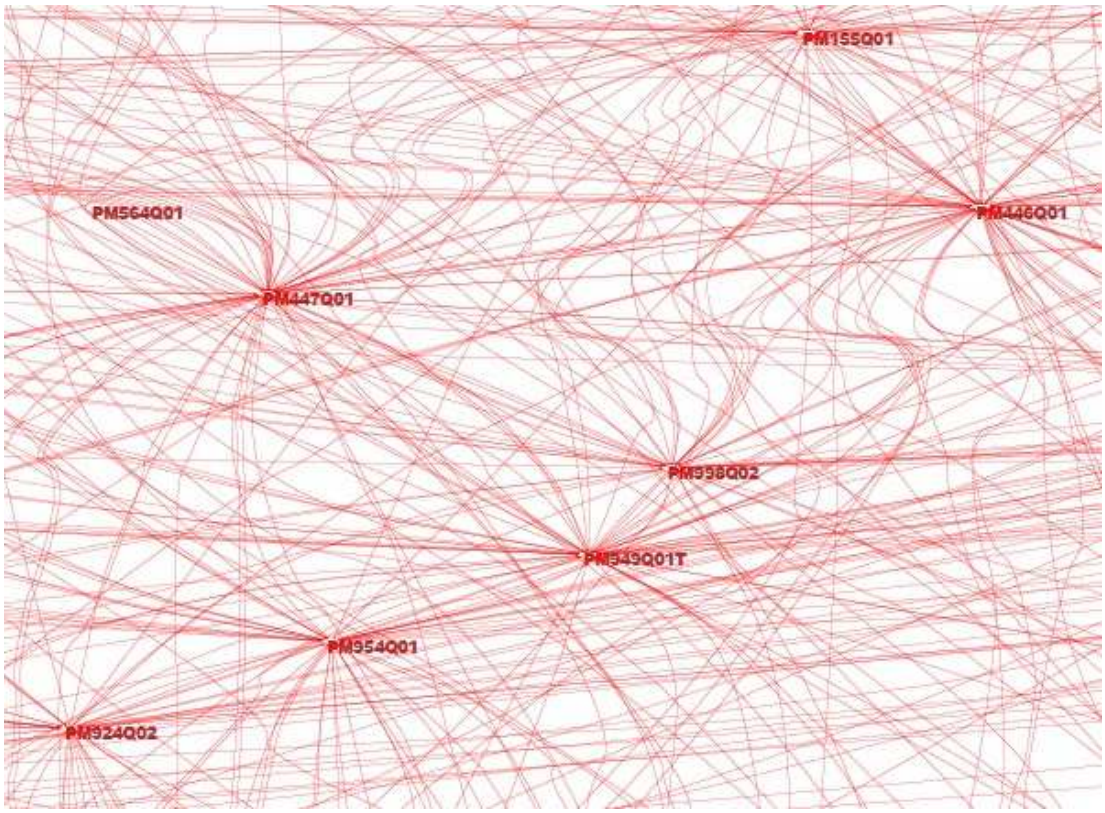


Figure 7 : Un morceau du graphe complet pour la France (environ 1/20 de l'ensemble)

Pour travailler sur l'ensemble des items il ne nous restait donc que la possibilité de travailler directement sur nos matrices 84×84. Nous avons alors défini un indicateur de densité implicative d'un ensemble de n variables. Au seuil $\boldsymbol{\lambda}$ la valeur de cet indicateur est défini comme étant le rapport entre le nombre d'intensités d'implication supérieures $\boldsymbol{\lambda}$ et le nombre total d'intensités d'implication possibles :

$$DI(n,\lambda) = \frac{Nombre\ d'intensités\ d'implication\ supérieures\ \text{à}\ \lambda}{3486}$$

Pour éliminer les liens d'implication statistique qui nous semblaient être de moindre intérêt, nous avons complété par un indicateur semblable, en y associant un coefficient (indice) de confiance. Pour une confiance supérieure à μ, nous avons :

$$DIC(n,\lambda,\mu) = \frac{Nombre\ d'intensités\ d'implication\ supérieures\ \text{à}\ \lambda\ ET\ de\ coefficients\ de\ confiance > \mu}{3486}$$

Les valeurs prises par ces indices sont des nombres compris entre 0 et 1 :

- 0 dans le graphe est vide.
- 1 dans le cas où le graphe est complet (au sens de la théorie des graphes).

Plus cette valeur est importante, plus les items sont liés les uns aux autres d'une façon orientée, ce qui dénote une dépendance importante des items les uns par rapport aux autres. Plus cette valeur est faible, plus les items sont déconnectés les uns des autres. Nous

retrouverons cela plus loin, en particulier à la section 3.7 lorsque nous traiterons de la question des compétences.

3.3.2 Comparaison des densités implicatives issues des résultats de sept pays

Avec l'intensité d'implication fixée au seuil $\lambda = 0.95$, nous obtenons les résultats présentés dans le tableau ci-dessous.

Lecture du tableau :

- Pour la France, 80,5 % des liaisons des couples (a , b) d'items ont une intensité d'implication supérieure à 0.95, tandis que pour l'Italie, ce pourcentage est de 52,1 %.
- Entre la France et l'Italie, 41,7 % des liaisons d'un couple (a , b) d'items ont en commun une intensité d'implication supérieure à 0.95.

On en déduit que 52% de ces intensités d'implication observées en France se retrouvent en Italie (0,417/0,805) et que 80% de ces intensités d'implication observées en Italie se retrouvent en France (0,417/0,521).

	FRANCE	**ALLEMAGNE**	**ITALIE**	**SINGAPOUR**	**JAPON**	**GRÈCE**	**CORÉE**
FRANCE	**80,5%**	53,8%	41,7%	46,9%	42,0%	36,3%	47,4%
ALLEMAGNE		**74,8%**	40,0%	47,6%	43,0%	34,4%	47,5%
ITALIE			**52,1%**	36,1%	33,8%	31,9%	36,9%
SINGAPOUR				**72,5%**	42,3%	28,6%	50,2%
JAPON					**60,5%**	27,5%	46,2%
GRÈCE						**52,2%**	30,1%
CORÉE							**72,5%**

Tableau 2 : Densités implicatives DI(n, $\lambda > .95$) ; Intra-Pays et Inter-Pays.

Les valeurs trouvées, entre 0,805 et 0,522 pour les densités intra-pays sont assez élevées et caractérisent des ensembles de variables très dépendantes les unes des autres. Un élève qui réussit un item donné en réussit en général beaucoup d'autres. L'indice de la France indique une cohérence des réponses plus grande pour ce pays que pour les autres : les élèves qui réussissent un item donné ont davantage tendance qu'ailleurs à réussir d'autres d'items. À l'opposé les indices plus faibles observés dans les cas grec et italien indiquent des maitrises plus dispersées. Les densités implicatives inter-pays pointent des proximités de comportement plus ou moins grandes entre les pays. Notons qu'il n'est pas question ici de niveau des élèves mais bien de comportements de réponses : si dans un pays les élèves qui réussissent un item **a** ont tendance à réussir un item **b**, il en est de même dans l'autre pays. De ce point de vue, parmi les pays étudiés :

La France et l'Allemagne sont assez proches : ces deux pays partagent environ 53% des liaisons d'implication statistique fortes observées dans l'un ou l'autre deux pays :

$$0{,}538 / (0{,}805+0{,}748 - 0{,}538)) \sim 0{,}53.$$

De ce point de vue, la France et l'Italie entretiennent la même proximité ; environ 46% :

$$0{,}417 / (0{,}805 + 0{,}521 - 0{,}417) \sim 0{,}46.$$

La France et la Grèce apparaissent plus éloignés : ces deux pays ne partagent qu'environ 38 % de ces liaisons d'implication statistique fortes :

$$0{,}363 / (0{,}805 + 0{,}522 - 0{,}363) \sim 0{,}38.$$

Grèce mise à part et mesurées de cette façon, les proximités inter-pays restent du même ordre : entre 30% et 53%, ainsi que le montre le tableau ci-après.

	ALLEMAGNE	ITALIE	SINGAPOUR	JAPON	GRÈCE	CORÉE
FRANCE	53%	46%	44%	42%	38%	45%
ALLEMAGNE		46%	48%	47%	37%	48%
ITALIE			41%	43%	44%	42%
SINGAPOUR				47%	30%	53%
JAPON					32%	53%
GRÈCE						32%

Tableau 3 : Partage inter-pays des liaisons d'implication statistique fortes

Pour aller plus loin et éviter de conserver des implications qui n'assuraient pas une intégration importante d'un item impliquant dans un item impliqué (cf. 3.1) nous avons complété l'intensité d'implication par la confiance en choisissant un niveau supérieur à 75%. Nous parlerons alors d'implication-confiance en sous-entendant intensité d'implication supérieure à .95 et confiance supérieure à 75%. Nous obtenons alors les tableaux 11 et 12.

	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	SINGAPOUR	JAPON	GRÈCE	CORÉE
FRANCE	40,7%	24,8%	18,5%	22,2%	17,8%	13,9%	22,5%
ALLEMAGNE		39,4%	17,5%	22,8%	19,0%	12,8%	22,9%
ITALIE			24,8%	16,4%	14,3%	11,6%	16,3%
SINGAPOUR				46,0%	21,0%	11,1%	27,4%
JAPON					33,5%	9,8%	23,2%
GRÈCE						22,1%	11,6%
CORÉE							42,9%

Tableau 4 : Densités implicatives DIC (implication-confiance), intra-pays et inter-pays.

Les valeurs trouvées sont évidemment plus faibles que si l'on s'en tenait à la seule intensité d'implication, mais là il ne s'agit plus seulement de forte tendance de réussir un item **b** lorsque l'on a réussi un item **a** mais aussi de la garantie que les trois-quarts des élèves qui réussissent **a** réussissent aussi **b** (±2%) . Ces tableaux confirment les proximités observées ci-dessus mais creusent légèrement les écarts.

- La Grèce confirme sa singularité, s'éloignant aussi bien du couple franco-allemand que des pays asiatiques.
- La densité implicative maximum est obtenue à Singapour, ce qui montre que les savoir-faire des élèves sont particulièrement bien coordonnés.
- La France et l'Allemagne confirment leur proximité ainsi que leur proximité avec Singapour et la Corée.
- Singapour et Corée ont la même proximité que France et Allemagne.

	ALLEMAGNE	ITALIE	SINGAPOUR	JAPON	GRÈCE	CORÉE
FRANCE	45%	39%	34%	32%	28%	37%
ALLEMAGNE		37%	36%	35%	26%	39%
ITALIE			30%	33%	33%	32%
SINGAPOUR				36%	19%	45%
JAPON					21%	44%
GRÈCE						22%

Tableau 5 : Partage inter-pays pays des liaisons de quasi-implication-confiance fortes

3.4 Analyse statistique implicative par catégories

Nous avons traité de façon différenciée les ensembles d'items de chaque catégorie de contenus et choisi de repérer et d'étudier quelques chaînes implicatives puis de voir dans quelle mesure ces chaînes se retrouvaient dans l'ensemble des 7 pays étudiés. L'observation d'une chaîne dans un pays a en soi un intérêt de nature didactique. Elle permet d'étudier la progression des acquisitions des élèves par rapport à groupe d'items qui dans certains cas peut être identifié comme relevant d'une même compétence. L'observation de chaînes commune à plusieurs pays signifierait alors que l'on pourrait parler de construction de savoir ou de compétences communes à ces pays. Ainsi que nous l'avons précisé section 3.1, nous avons utilisé pour cela l'intensité d'implication selon l'approche classique au seuil de .95 en lui associant le coefficient de confiance au seuil de 75%. Pour chacune des quatre catégories de contenus, la chaîne étudiée est la plus longue que nous ayons trouvé dans les graphes relatifs à cette catégorie pour l'ensemble des pays étudiés.

3.4.1 Catégorie « espace et formes »

La catégorie espace et formes est composée de 21 items. La figure 8 présente le graphe complet obtenu pour ces 21 items dans le cas français, aux seuils d'intensité d'implication et de coefficient de confiance indiqués. Le graphe n'est pas très visible dans ce document[12] mais nous avons mis en évidence une chaîne de liaisons d'implication statistique particulièrement longue à laquelle nous allons plus spécialement nous intéresser (chaîne 1 en rouge épais).

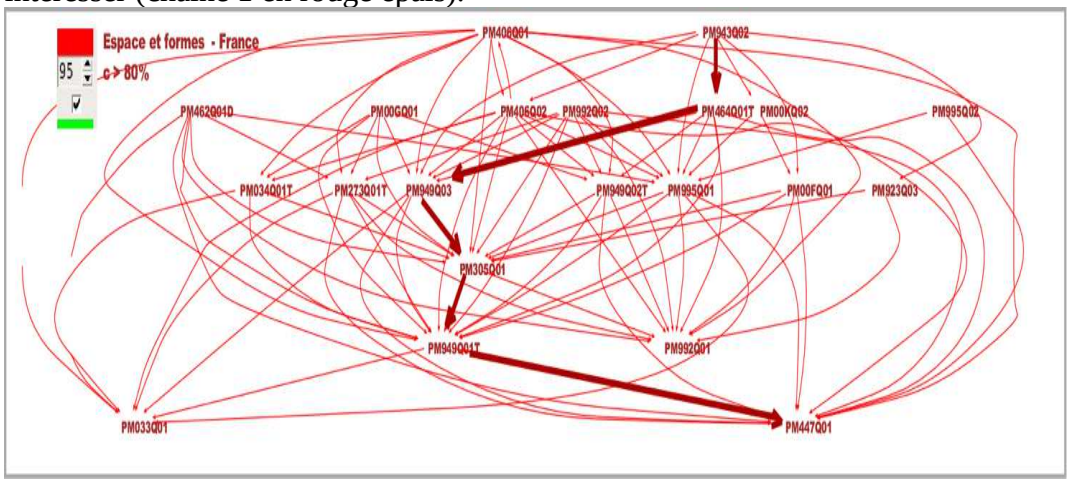


Figure 8 : Graphe des 21 items Espace et formes pour la France et repérage de la chaîne 1

[12] En regardant ce document sur écran et en zoomant à 200% tous les graphes sont bien visibles.

Le tableau ci-après permet de comparer, selon les pays étudiés, l'ordre de réussite des items composant cette chaîne. Le tableau est classé par ordre des réussites croissantes pour la France. Les cases surlignées en jaune mettent en évidence des ordres de réussite différents par rapport à la France.

Code PISA	PM943 Q02	PM464 Q01T	PM949 Q03	PM305 Q01	PM447 Q01	PM949 Q01T
Nom	Arcs Q2	La clôture	Structure de charpente Q3	Plan	Carrelage	Charpente Q1
Complexité	C	D	B	B	D	C
France	3%	19%	40%	66%	70%	75%
Allemagne	6%	33%	32%	66%	74%	73%
Italie	7%	28%	24%	60%	70%	70%
Singapour	19%	55%	69%	66%	76%	85%
Japon	17%	37%	65%	60%	86%	85%
Grèce	1%	9%	18%	43%	49%	57%
Corée	20%	42%	68%	62%	85%	85%

Tableau 6 : France : Taux de réussite des 6 items de la chaîne 1

On voit qu'à de légères différences près, lesquelles peuvent résulter des fluctuations d'échantillonnage, l'ordre des réussites est sensiblement le même pour les pays étudiés. On pourrait donc s'attendre à ce que la chaîne 1 observée dans le cas français se retrouve dans les autres pays. Rappelons ici que le respect de l'ordre des taux de réussites des items à travers les pays n'a pas de quoi nous étonner (cf. section 2.4.1) ; c'est plutôt la rupture de cet ordre, lorsqu'il est important qui amène à poser des questions. Ruptures qui ramènent vraisemblablement, en général, à des différences dans la culture curriculaire des pays concernés, voire à la culture tout court. Ici, les inversions les plus importantes concernent les items PM949Q03 et PM305Q01et distinguent les trois pays asiatiques des autres ; or, l'un de ces items est un item de géométrie pratique de l'espace, l'autre de géométrie plane. On savait déjà que l'importance accordée à la géométrie de l'espace n'est pas la même selon les pays ; pour aller plus loin il faudrait travailler à la fois sur les curriculums, sur les pratiques et sur les items utilisés par PISA.

La figure 15 présente le graphe implicatif des items de cette chaine 1 dans le cas français (intensité d'implication > .95, confiance > 75%). On peut sans difficulté y retrouver la chaîne 1 mais on voit aussi que d'autres liaisons apparaissent dans cet ensemble de 6 items ; en particulier des fermetures transitives. Par exemple :

$$PM943Q02 \Longrightarrow PM464Q01$$
$$\text{et } PM464Q01T \Longrightarrow PM949Q03,$$
$$\text{mais aussi : } PM943Q02 \Longrightarrow PM305Q01.$$

En revanche, la fermeture transitive de la sous-chaîne PM943Q02, PM949Q03, PM464Q01T ne se fait pas aux seuils considérés. L'intensité d'implication de PM943Q02 vers PM464Q01T n'est que .46, c'est-à-dire très faible. L'item PM949Q03 apparaît ainsi comme le point faible de la chaîne 1.

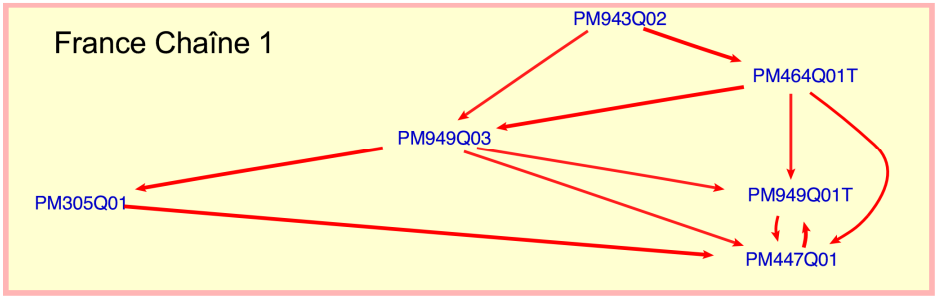


Figure 9 : Graphe des 6 items de la chaîne 1 (France)

La figure 10 présente les graphes implicatifs du même ensemble d'items (ceux de la chaîne 1 du cas français), aux mêmes seuils, dans les cas des 6 autres pays étudiés. Sauf dans les cas grecs et Italien, ces 6 items sont encore liés par des relations implicatives fortes. Toutefois, on ne retrouve jamais la chaîne 1 complète. Il faudrait pouvoir analyser plus précisément ces items pour pouvoir proposer des explications à ce qui apparaît comme des comportements des élèves différents selon les pays. Il faut abaisser le seuil d'intensité d'implication à 0.80 tout en gardant le seuil de confiance à 75% pour voir apparaître l'item PM305Q017 dans les graphes des cas grec et italien ainsi que l'item PM943Q02 dans le cas grec. Disons simplement que l'item PM305Q01 est un item de lecture de plan et de mesure approximative sur un plan dans une situation « vie réelle ». La familiarité avec ce type de tâche est évidement différente d'un pays à l'autre, selon la façon plus ou moins formelle dont la géométrie est enseignée.

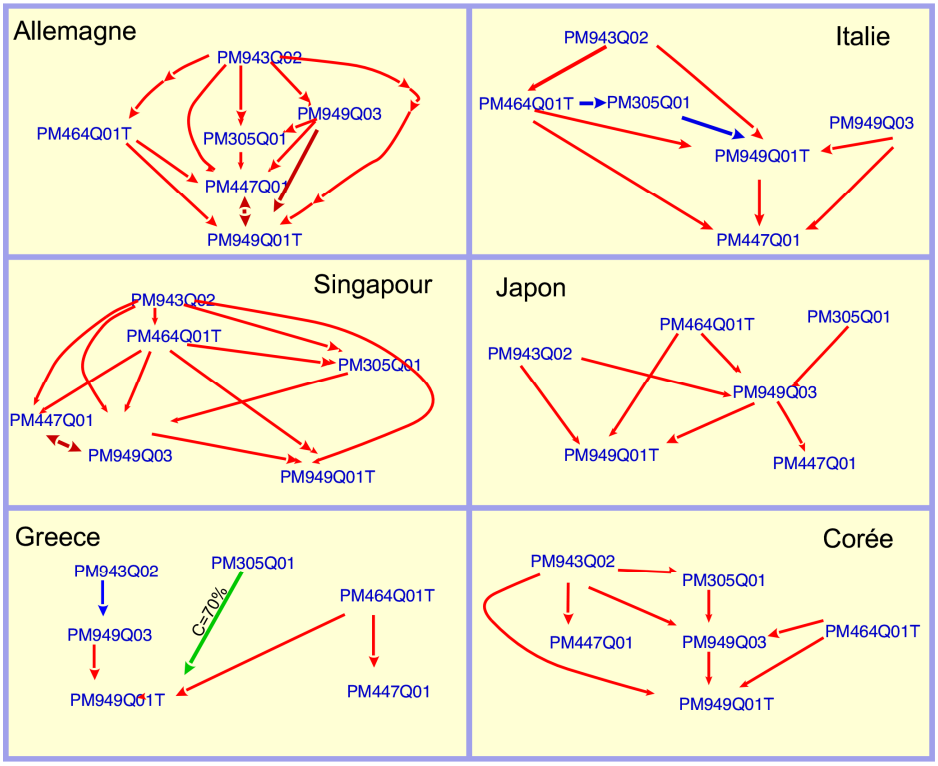


Figure 10 : Graphe des 6 items de la chaîne 1 (sauf France)

Nous avons ensuite repéré une des chaînes les plus longues du cas allemand : la chaîne 2, laquelle n'apparaît pas dans le cas français (figure 11).

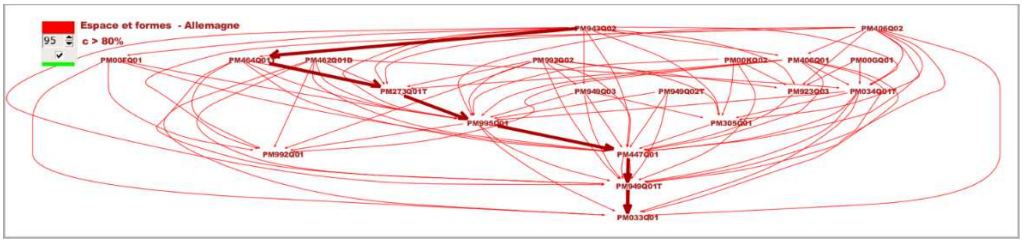


Figure 11 : Graphe des 21 items Espace et formes pour l'Allemagne et repérage de la chaîne 2

Dans le tableau 11, les items de cette chaîne sont placés dans l'ordre des réussites croissantes pour l'Allemagne. Ici encore, les plages surlignées en jaune repèrent les cas où dans un pays l'ordre des réussites n'est pas le même que dans le cas allemand. Les inversions concernent des items qui, dans l'ensemble, sont bien réussis.

Code PISA	PM943 Q02	PM464 Q01T	PM273 Q01T	PM995 Q01	PM949 Q01T	PM447 Q01	PM033 Q01
Nom	Arcs Q2	La clôture	Conduites	Porte à tambour Q1	Charpente Q2	Carrelage	Image d'une pièce
Complexité	C	D	C	B	C	D	B
France	3%	19%	49%	49%	75%	70%	77%
Allemagne	6%	33%	57%	64%	73%	74%	82%
Italie	7%	28%	45%	51%	70%	70%	76%
Singapour	19%	55%	62%	76%	85%	76%	82%
Japon	17%	37%	64%	74%	85%	86%	86%
Grèce	1%	9%	47%	49%	57%	49%	67%
Corée	20%	42%	64%	79%	85%	85%	78%

Tableau 7 : Taux de réussite des 7 items de la chaîne 2

L'ordre des taux de réussite est le même dans les 7 pays pour les cinq premiers items ; il tend à varier pour les trois derniers items, du moins dans quatre pays.
La figure 12 présente le graphe implicatif des items de cette chaîne 2. Comme dans le cas de la chaîne 1 du cas français, on retrouve facilement la chaîne 2.

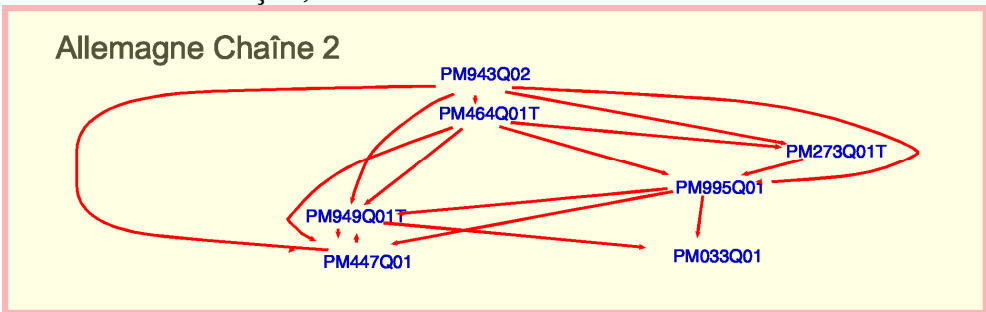


Figure 12 : Graphe des 7 items de la chaîne 2 (Allemagne)

La figure 13 présente les graphes implicatifs du même ensemble d'items (ceux de la chaîne 2 du cas allemand), aux mêmes seuils, dans les cas des 6 autres pays étudiés. Sauf dans les cas de Singapour, il ne subsiste que des sous-chaînes de 2 à 4 tronçons de la chaîne 1. Dans le cas de Singapour, seul l'item PM447Q01 fait défaut. Reste la sous-chaîne :

- PM943Q02⟹ PM464Q01T⟹ PM273Q01T⟹ PM995Q01⟹ PM949Q01T⟹ PM033Q01
- La disparition de l'item PM447Q01 s'explique par l'inversion des taux de réussite des items PM447Q01 et PM949Q01T dans le cas de Singapour.

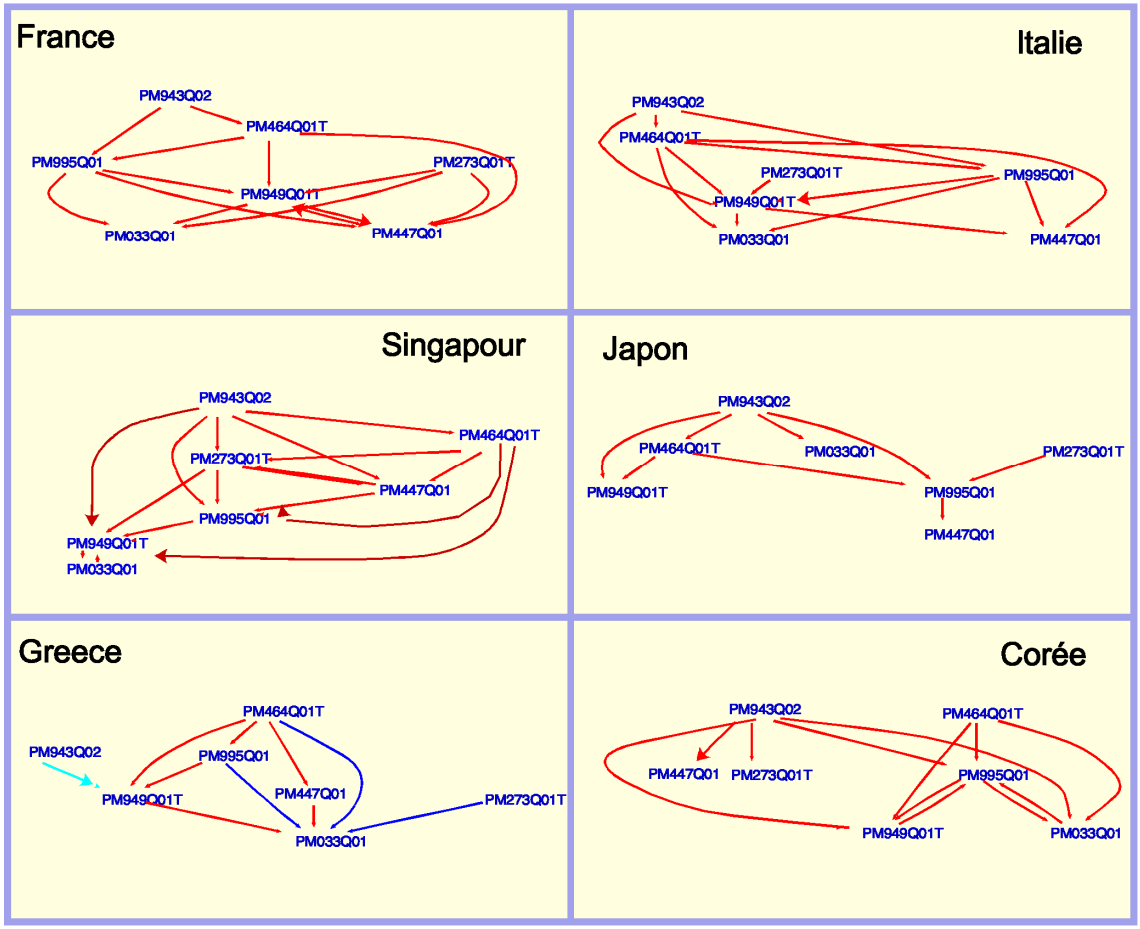


Figure 13 : Graphe des 7 items de la chaîne 2 (sauf Allemagne)

3.4.2 Catégorie « incertitude et données »

Cette catégorie est composée de 21 items. Nous avons repéré et extrait la chaîne la plus longue que nous avons pu trouver dans les sept pays. Cette chaîne 3 provient du cas allemand (figure 14)

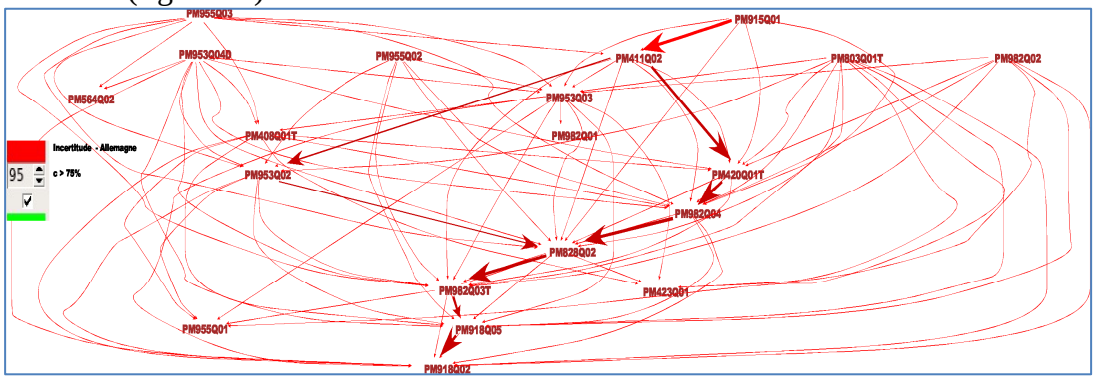


Figure 14 : Graphe des 21 items Incertitude et données pour l'Allemagne et repérage de la chaîne 3

Dans le tableau 8, les items de cette chaîne sont placés dans l'ordre des réussites croissantes pour l'Allemagne. Ici encore, les plages surlignées en jaune repèrent les cas où dans un pays l'ordre des réussites n'est pas le même que dans le cas allemand. Cette fois, les inversions sont nombreuses et leurs amplitudes peuvent être importante : jusqu'à 39 points pour les items PM915Q01 et PM420Q01T dans le cas coréen. Pour les mêmes items, une inversion de moindre ampleur est observée dans les deux autres pays asiatiques tandis qu'aucune inversion n'est observée dans les pays européens.

Code PISA	PM915 Q01	PM411 Q02	PM420 Q01T	PM982 Q04	PM828 Q02	PM982 Q03T	PM918 Q05	PM918 Q02
Nom	Taxe carbone Q1	Plongée Q02	Transport	Données sur l'emploi Q04	Dioxine de carbone Q02	Données sur l'emploi Q03T	Hit parade Q05	Hit parade Q02
Complexité	C	B	B	B	B	C	B	B
France	42%	45%	48%	55%	43%	70%	81%	76%
Allemagne	32%	50%	51%	60%	60%	70%	77%	85%
Italie	35%	42%	45%	45%	50%	71%	74%	71%
Singapour	65%	59%	62%	62%	71%	74%	86%	85%
Japon	58%	54%	44%	75%	55%	76%	88%	91%
Grèce	24%	45%	45%	38%	46%	63%	67%	68%
Corée	67%	53%	28%	59%	66%	74%	85%	87%

Tableau 8 : Taux de réussite des 8 items de la chaîne 3

La figure 15 isole la chaîne 3 tout en montrant les nombreuses autres liaisons d'implication statistique fortes. De plus, sauf pour la sous-chaîne PM982Q04 ⟹ PM828Q02 ⟹ PM982Q03T, toutes les fermetures sont transitives, ce qui indique une forte solidité de cette chaîne.

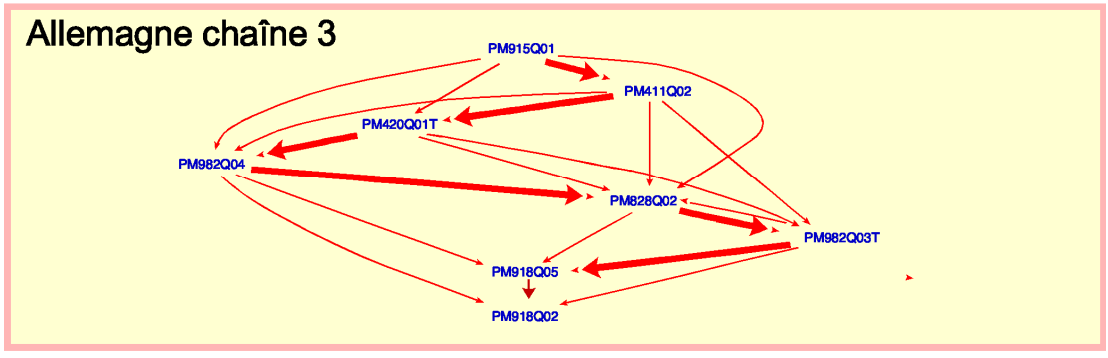


Figure 15 : Graphe des 8 items de la chaîne 3 (Allemagne)

La figure 16 présente les graphes des éléments de cette chaîne 3 pour les six autres pays. Seul le cas français garde une trace de la chaîne 3 du cas allemand. Il s'agit de la sous-chaîne : PM411Q02 ⟹ PM982Q04 ⟹ PM982Q03T ⟹ PM918Q02.

Dans les autres cas, on retrouve bien quelques-unes des intensités d'implication fortes, mais la chaîne a pratiquement disparu. Mieux, il a fallu descendre à l'intensité d'implication 0,90 pour voir apparaître tous les éléments de la chaîne 3 (flèches bleues) et même à une intensité de 0,85 dans le cas coréen. Ces résultats confirment que, du moins

en ce qui concerne la catégorie incertitude et données, les élèves ne se comportent pas de la même manière dans l'ensemble des pays.

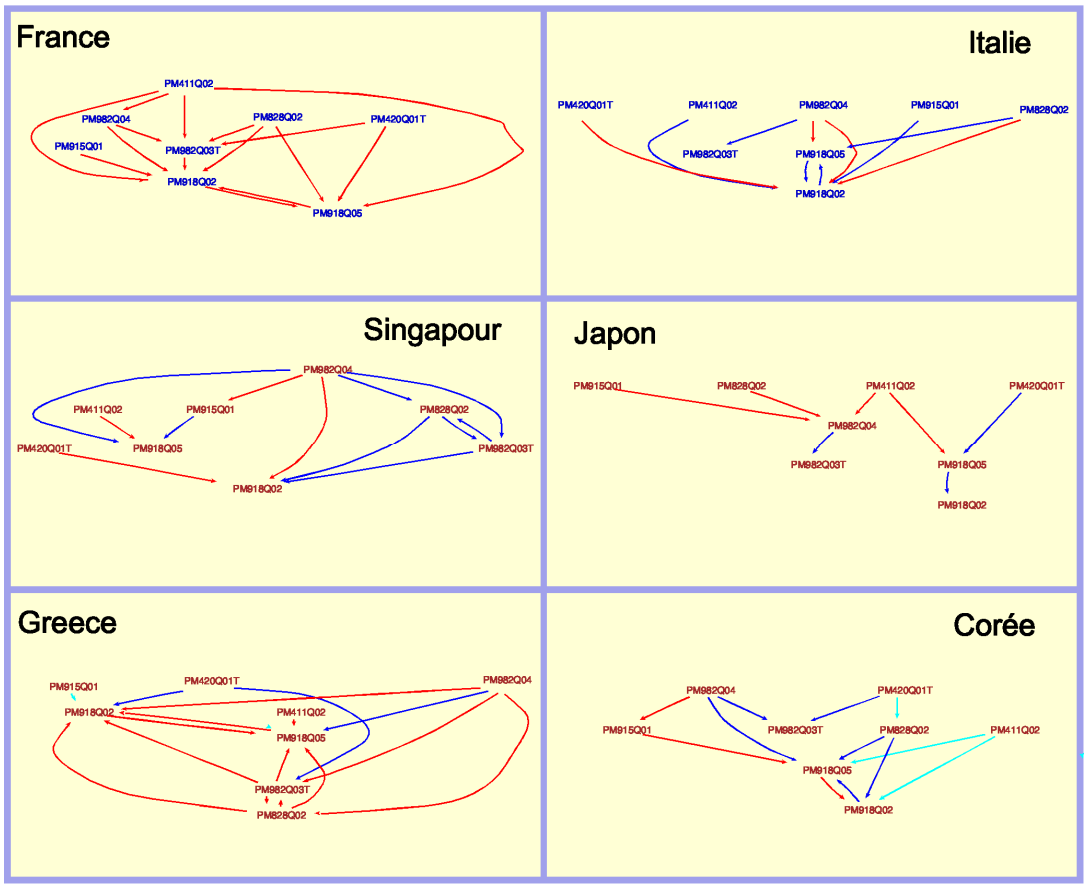


Figure 16 : Graphe des 7 items de la chaîne 3 (sauf Allemagne)

3.4.3 Catégorie « Quantité »

Ici encore, 21 items. Nous avons cette fois trouvé la chaîne la plus longue à Singapour.

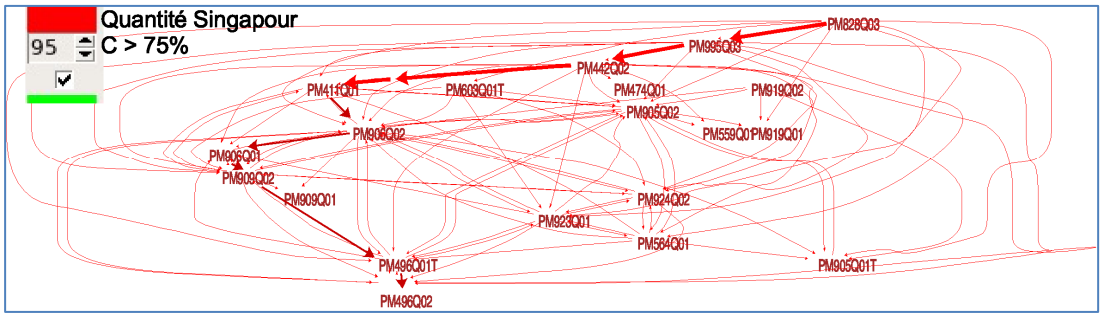


Figure 17 : Graphe des 21 items Quantité pour Singapour et repérage de la chaîne 4

Dans le tableau ci-dessous, les items de cette chaîne ont été placés comme dans les cas des chaînes 1, 2 et 3, dans l'ordre des taux de réussite de Singapour, mais cette fois, cet ordre ne correspond pas exactement à l'ordre observé pour la chaîne. Cela est dû à des taux de réussites très voisins et n'a pas de signification particulière. Cependant, dans les six autres pays on observe des inversions importantes qui nécessiteraient des explications.

Explications que, comme nous l'avons vu, il n'est pas possible de fournir ici. Tout au plus pouvons-nous faire des hypothèses.

Comme le titre l'indique, dans cette catégorie, les items mettent en jeu des quantités ; c'est-à-dire des nombres ou des mesures de grandeurs. Les situations sont de nature très différente allant d'un texte codé en braille à l'application d'un algorithme non standard en passant par des conversions d'unités et des questions relatives à l'utilisation de l'argent. On peut faire l'hypothèse que les élèves n'ont pas le même degré de familiarité avec ces diverses situations selon les pays. Outre les situations, les contenus mathématiques sont très variables et l'on peut aussi penser que l'enseignement n'insiste pas partout de la même façon sur les différentes notions.

Code PISA	PM828 Q03	PM995 Q03	PM442 Q02	PM906 Q02	PM909 Q02	PM411 Q01	PM496 Q02	PM906 Q01	PM496 Q01T
Nom	Dioxine de carbone Q03	Porte à tambour Q03	Braille	Fourmis folles Q02	Amendes pour excès de vitesse Q02	Plongeon Q01	Retrait d'argent Q02	Fourmis folles Q01	Retrait d'argent Q01T
Complexité	C	C	D	C	C	C	C	C	B
France	30%	43%	44%	46%	68%	52%	70%	61%	94%
Allemagne	37%	49%	42%	49%	74%	56%	70%	68%	92%
Italie	25%	40%	40%	39%	62%	56%	69%	55%	89%
Singapour	36%	59%	59%	71%	71%	73%	81%	84%	93%
Japon	9%	53%	63%	42%	70%	56%	72%	59%	94%
Grèce	20%	33%	24%	30%	53%	35%	60%	44%	84%
Corée	14%	53%	56%	59%	71%	61%	80%	61%	94%

Tableau 9 : Taux de réussite des 9 items de la chaîne 4

La figure 18 isole la chaîne 4 tout en montrant les nombreuses autres liaisons d'implication statistique fortes. Ici encore, la plupart des liaisons d'implication statistique sont transitives. La chaîne est très solide.

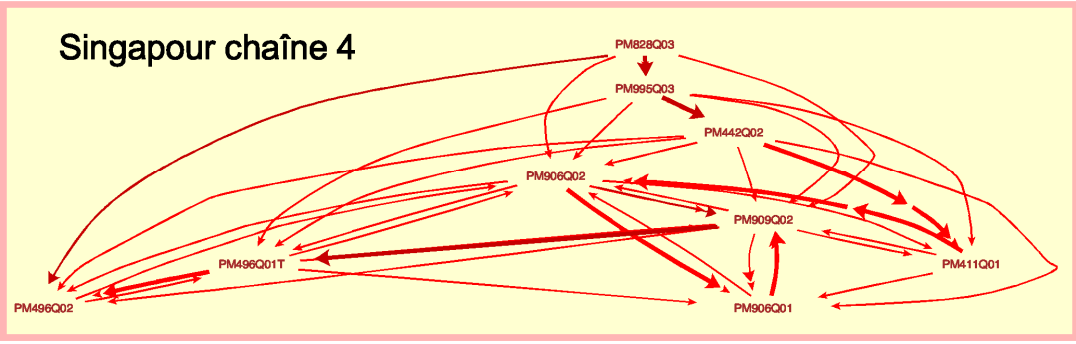


Figure 18 : Graphe des 9 items de la chaîne 4 (Singapour)

Comme dans les cas précédents, la figure 19 présente, pour les autres pays, les graphes de l'ensemble des items de la chaîne 4 du cas de Singapour. Quelques rares maillons de cette chaîne sont retrouvés dans les autres pays, mais la chaîne elle-même a disparu partout.

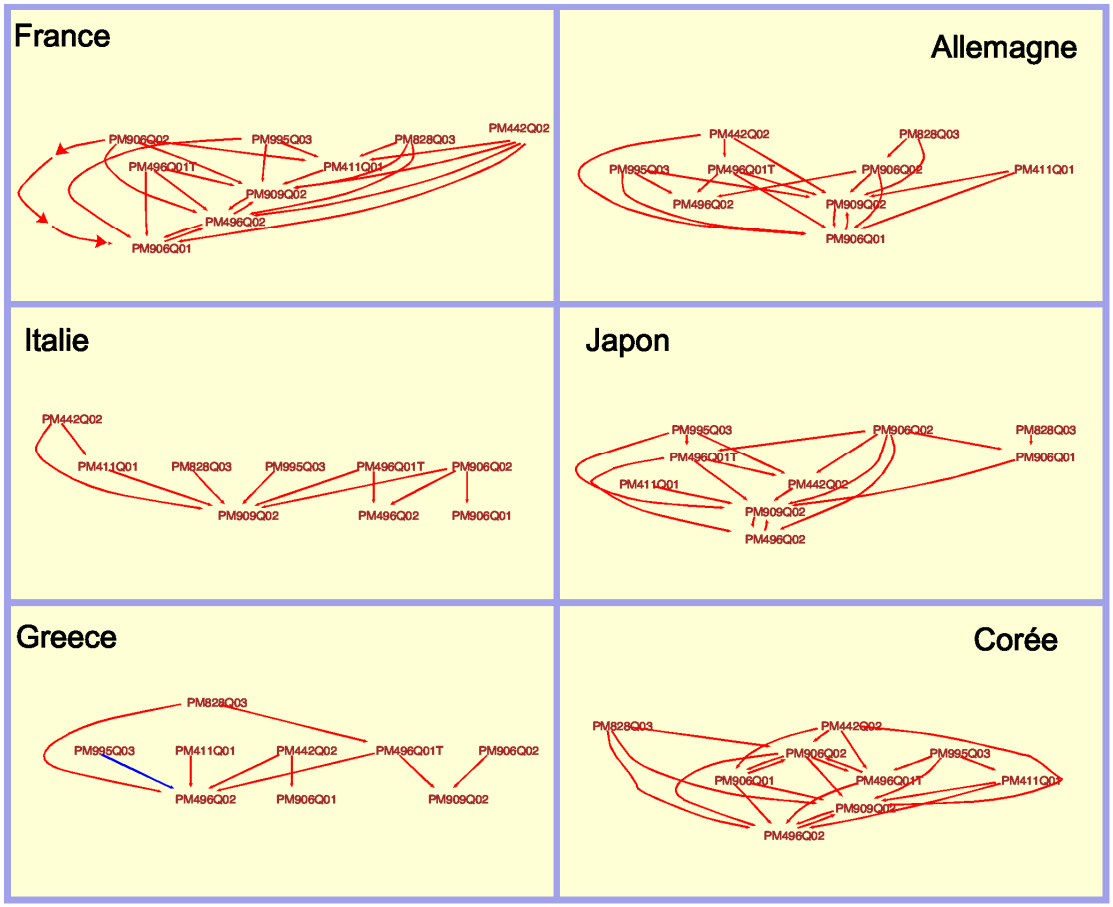


Figure 19 : Graphes des 9 items de la chaîne 4 (sauf Singapour)

3.4.4 Catégorie « Variations et relations »

Toujours 21 items. Cette fois la chaîne la plus longue a été trouvée en Corée.

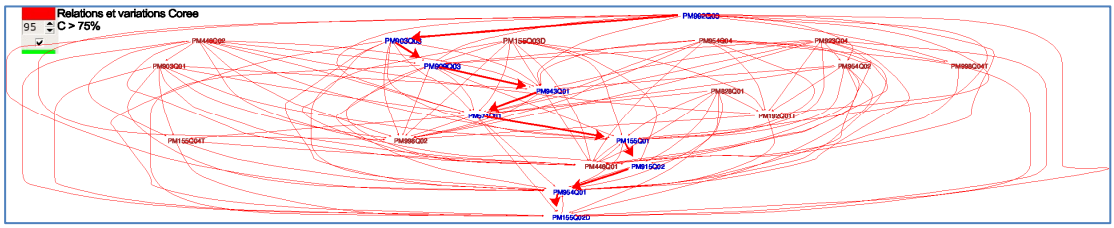


Figure 20 : Graphe des 21 items Variations et relations pour la Corée et repérage de la chaîne 5

Le tableau ci-dessous présente les items de cette chaîne dans l'ordre des taux de réussite dans le cas coréen. On observe plusieurs inversions importantes :

- Dans le cas français : les items PM915Q02 et PM954Q01 obtiennent respectivement des taux de réussite de 79% et 57% (-22%) alors que ces taux sont de 74% et 81% (+7%) dans le cas coréen. Ces deux items demandent tout simplement d'appliquer une formule. Le contexte est différent et les formules ont des structures différentes. À les voir il ne semble pas que ces différences puissent ne provenir que de différences dans les curriculums Ce seul exemple mériterait une analyse didactique approfondie.

- Dans le cas de Singapour : les items PMPM903Q03 et PM909Q03 obtiennent respectivement des taux de réussite de 64% et 49% (-15%) alors que ces taux sont de 46% et 55% (+6%) dans le cas coréen.
- L'item PM903Q03 est libéré. Nous l'avons analysé dans Bodin & Grapin (2016).

Code PISA	PM992 Q03	PM903 Q03	PM909 Q03	PM571 Q01	PM943 Q01	PM155 Q02D	PM915 Q02	PM155 Q01	PM954 Q01
Nom	Jointage de carreaux Q03	Débit d'une perfusion Q03	Amendes pour excès de vitesse Q03	Pour arrêter la voiture Q01	Arcs Q1	Pyramides d'âges Q02D	Taxe carboneQ02	Pyramides d'âges Q01	Dosage de médicaments Q01
Complexité	B	C	C	B	B	C	C	B	C
France	9%	23%	39%	56%	47%	65%	79%	66%	57%
Allemagne	10%	25%	45%	56%	52%	70%	80%	70%	68%
Italie	8%	20%	37%	47%	54%	51%	68%	66%	69%
Singapour	26%	64%	49%	61%	65%	77%	88%	80%	84%
Japon	18%	43%	58%	52%	60%	65%	66%	79%	76%
Grèce	4%	26%	29%	40%	46%	41%	46%	60%	55%
Corée	27%	46%	55%	58%	63%	73%	74%	78%	81%

Tableau 10 : Taux de réussite des 9 items de la chaîne 5

La figure 21 isole la chaîne 5 tout en montrant les nombreuses autres liaisons d'implication statistique fortes. Ici encore, la plupart des implications sont transitives. La chaîne est très solide.

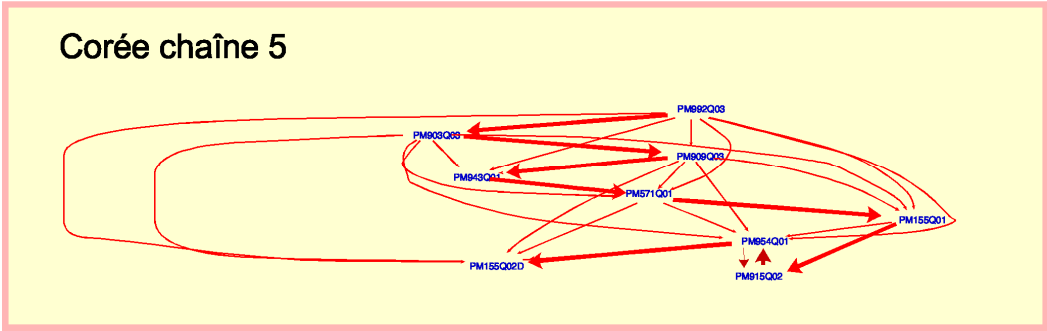


Figure 21 : Graphe des 9 items de la chaîne 5 (Corée)

Comme dans les cas précédents seuls des éléments épars de la chaîne 5 observée dans le cas coréen sont retrouvés dans les autres cas (figure 22).

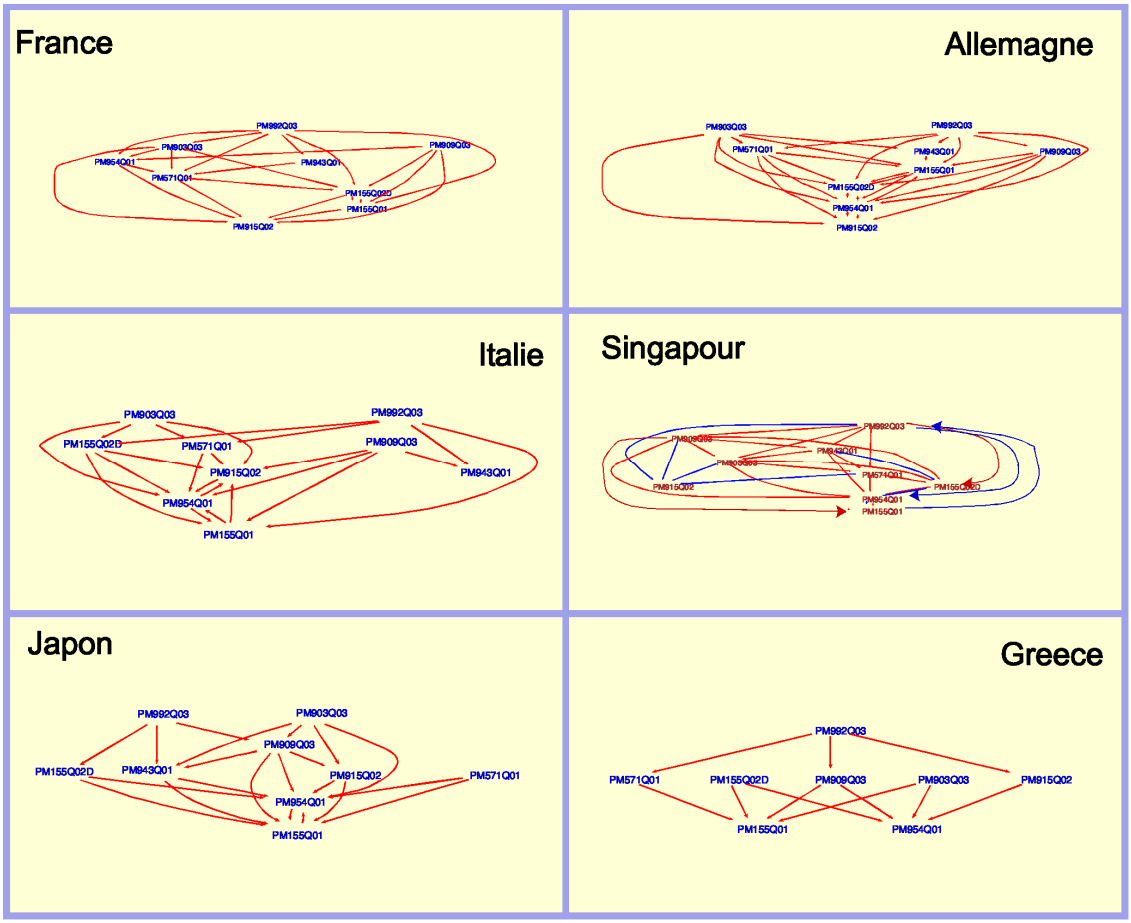


Figure 22 : Graphes des 9 items de la chaîne 5 (sauf Corée)

3.4.5 Comparaison des densités implicatives DI et DIC des 5 chaînes étudiées

Cette exploration de cinq chaînes repérées dans des catégories de contenus différents et dans des pays différents montre qu'il est assez vain de rechercher des chaînes communes. Nous ne nous attendions pas à ce résultat. Nous n'avons présenté que cinq chaînes mais nous en avons repéré beaucoup d'autres, en particulier en analysant de la même façon les catégories de processus. Dans tous les cas nous parvenons aux mêmes conclusions :

- Partout des chaînes sont mises en évidence qui mériteraient d'être analysées pour elles-mêmes.
- Pour intéressantes qu'elles soient, ces chaînes sont loin de former des échelles de Guttman, d'un point de vue logique sans doute, mais même d'un point de vue statistique. En particulier, les fermetures transitives des chemins ne sont jamais vérifiées.

Le tableau 11 présente les valeurs prises par la densité implicative DIC (implication-confiance) pour les ensembles d'items constitutifs des cinq chaînes étudiées ci-dessus et pour les sept pays. Dans chaque cas, la densité implicative DIC maximum est obtenue pour le pays d'origine de la chaîne, ce qui est simplement une conséquence de ce choix.
Notre étude porte sur PISA et sur sept pays. Il ne fait pas de doute que la conclusion serait la même si l'on étendait l'étude à d'autres pays. Mais, comme nous avons pu le vérifier sur d'autres études, elle serait encore la même si dans un pays donné on l'étudiait des catégories différentes d'élèves (ceux de bas niveaux, ceux de haut niveau, les filles, les

garçons, les élèves de milieux défavorisés, …). Dans tous ces cas, il semble bien que savoir et compétences ne se construisent pas de la même façon selon les catégories concernées, mais cela serait l'objet d'une autre étude.

		FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	SINGAPOUR	JAPON	GRÈCE	CORÉE
Chaîne 1	Espace et formes	0,667	0,800	0,467	0,800	0,467	0,200	0,533
Chaîne 2	Espace et formes	0,619	0,714	0,619	0,762	0,571	0,286	0,476
Chaîne 3	Incertitude et données	0,472	0,556	0,111	0,111	0,111	0,361	0,083
Chaîne 4	Quantité	0,611	0,472	0,278	0,805	0,444	0,222	0,556
Chaîne 5	Relations et variations	0,611	0,778	0,611	0,722	0,583	0,278	0,750

Tableau 11 : Densités implicatives des 5 chaînes

Les densités implicatives sont très dispersées pour chacune des chaînes et l'on ne trouve des proximités que pour chacune des chaînes prises séparément. On remarque par exemple la proximité :

- Allemagne et Singapour, sur les chaînes 1 et 2.
- France et Italie, sur la chaîne 2.
- Italie – Singapour – Japon, sur la chaîne 3.

La chaine 3 de la catégorie Incertitude et Données sépare nettement les cas français et italiens des cas asiatiques révélant des différences importantes dans l'organisation cognitive des élèves de ces deux groupes de pays, du moins en ce qui concerne cette catégorie de contenus.

D'une façon générale, nous remarquons qu'une densité implicative forte, que ce soit au niveau de l'ensemble des items du test, au niveau des catégories de contenus, des processus ou des chaînes, est associée à des résultats élevés. Nous pouvons faire l'hypothèse qu'une densité élevée est associée à une bonne coordination des connaissances en jeu tandis qu'une densité faible serait plutôt associée à des savoirs non coordonnés en connaissances. Nous reviendrons sur ce point au paragraphe 3.7 à propos de la question des compétences.

3.4.6 Chaînes et taxonomie de la complexité

Nous avons vu en section 2.4.3 que la hiérarchie de la complexité cognitive des items était bien respectée pour les items pris ensemble (les 84 items). Ce respect de la taxonomie ne se retrouve pas dans les chaînes. En effet, l'étude PISA n'a pas été construite en utilisant cette taxonomie, ni d'ailleurs une autre taxonomie. Compte tenu des objectifs de PISA cela n'est pas un défaut. Le classement par PISA des items selon les processus, ne se retrouve pas davantage dans l'organisation des chaînes, mais ces processus ne prétendent pas à une quelconque hiérarchisation.

3.5 Graphes, sources, puits et pivots

En théorie des graphes, on désigne habituellement par chemin ce que nous avons appelé chaîne. Nos chaînes sont orientées et sans points doubles. Dans les paragraphes précédents nous avons choisi dans chaque cas une chaîne de référence dans un pays pour la comparer à ce que l'on observe dans les six autres pays.

Les points représentant les variables sont les sommets du graphe. Dans un graphe orienté on distingue des sources et des puits :

- Source : aucune flèche n'arrive en ce point.
- Puits : aucune flèche ne part de ce point.

Dans notre étude, nous appelons de plus **point pivot** un sommet repéré par plusieurs flèches incidentes et par un nombre relativement important de flèches qui en sont issues. De façon empirique, après observation de nombreux graphes, nous avons d'abord fixé ce nombre à 10 puis accepté quelques effectifs moindres pour faciliter les comparaisons. Compte tenu des exigences que nous avons pour la construction initiale des graphes (minimum 0.95 pour l'intensité d'implication et 75 % pour le coefficient de confiance), un élève qui réussit un item pivot ou un item source est assuré de réussir la plupart des items qu'il implique.

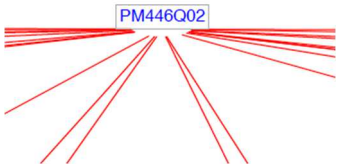
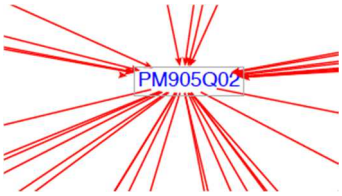
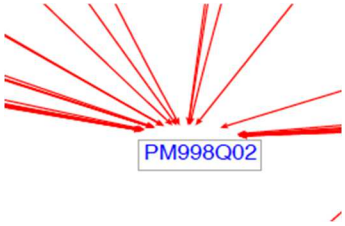
		
Un item source : Item « criquet 2 », réussi par 7 % des élèves en France	**Un item pivot :** Item « balle 2 », réussi par 47 % des élèves en France	**Un item Puit :** Item « location de vélo 2 », réussi par 74 % des élèves en France

Figure 23 : **Sources, pivots et puits**

Nous l'avons vu, les graphes d'implication des items de PISA sont très denses au sens de la grande quantité de relations figurées par des flèches (cf. section 3.3.1) ; on ne s'étonne donc pas de trouver de nombreux items de chacune des trois catégories.

Les sources sont en général des items très peu réussis tandis que les puits correspondent aux items les mieux réussis. C'est aux niveaux des réussites moyennes que l'on trouve les items pivots qui nous intéressent le plus. En effet, les sources et les puits sont assez évidents : les élèves qui réussissent les items les plus difficiles (les moins réussis) ont en effet tendance à réussir une partie importante des autres et, par construction, les items les plus faciles (les moins bien réussis) sont soit des puits soit sont peu impliquants. Cela s'observe très bien sur les graphes des 84 items, graphes trop complexes et trop denses pour qu'il soit possible de les présenter dans cet article. Pour des nombres d'items plus faibles comme ceux classés en catégories de contenus, les graphes présentés en annexe permettent déjà de faire des observations intéressantes.

Le travail direct sur les matrices d'intensités d'implication et de coefficients de confiance produites par RCHIC nous a permis d'aller plus loin dans l'analyse de l'ensemble des 84 items. Nous en avons sélectionné trois qui correspondent aux pivots

les plus importants rencontrés dans le cas français comme, à quelques points près, dans les autres pays : il s'agit des items PM905Q02, PM571Q01 et PM953Q03. Le tableau figure 35 présente pour ces trois items les nombres d'items qui les impliquent (Impliqués) et les nombres d'items qu'ils impliquent (Impliquants) dans chacun des pays. Bien sûr, les items impliqués dans chaque pays ne sont pas tous les mêmes.

On constate, une nouvelle fois, sur ce point, que c'est la Grèce qui s'éloigne le plus des autres pays. Cela n'est pas particulièrement dû aux niveaux des taux de réussite de ce pays mais plus certainement à une organisation différente des connaissances. Il faudrait creuser dans le curriculum Grec pour pouvoir en dire davantage.

		France	Allemagne	Italie	Singapour	Japon	Grèce	Corée
Item PM905Q02 Balles de tennis	Réussite	48%	56%	50%	79%	62%	41%	63%
	Impliqués	**27**	**25**	**24**	**15**	**20**	**18**	**30**
	Impliquants	28	31	39	54	51	15	41
Item PM571Q01 Arrêter la voiture	Réussite	56%	56%	47%	61%	52%	40%	58%
	Impliqués	**21**	**21**	**9**	**27**	**14**	**6**	**26**
	Impliquants	32	32	12	29	16	7	29
Item PM953Q03 Dépistage de la grippe	Réussite	45%	57%	47%	71%	60%	40%	67%
	Impliqués	**24**	**26**	**21**	**11**	**19**	**15**	**23**
	Impliquants	20	25	13	33	41	9	47

Tableau 12 : Pivots les plus importants

Nombre d'items impliqués par au moins l'un des items PM905Q02 ou PM571Q01 ou PM953Q03						
France	**Allemagne**	**Italie**	**Singapour**	**Japon**	**Grèce**	**Corée**
32	31	26	34	25	20	39

Tableau 13 : nombre d'items impliqué à partir des pivots importants

En Corée, un élève qui réussit l'un des items PM905Q02 ou PM571Q01 ou PM953Q03 a de fortes chances de réussir 39 autres items (sur 84) ; en France il a de fortes chances de réussir 32 autres items.

Nous n'avons pas la place de développer ici les conséquences que pourrait avoir cette remarque pour la construction de tests adaptatifs (Bodin, 2010), mais il s'agit là d'une piste susceptible d'améliorer l'économie des tests : davantage d'information pour un nombre d'items moindre.

3.6 Analyse Implicative cohésitive

L'analyse statistique implicative cohésitive établit des règles du type a ⟹ b en précisant la valeur de l'intensité d'implication (règles de niveau 1). Aux mêmes seuils, elle définit des règles de niveau 2 qui peuvent être de différents types. La figure 24 illustre trois de ces types pour des variables a, b, c, d :

- Dans le cas A, on a : (a ⟹ b) ⟹ c qui peut se lire : si a implique b au sens de l'ASI, alors le respect de la règle a ⟹ b implique c. Ce qui peut encore s'écrire en utilisant les symboles de la logique : a ⟹ b∧c.
- Dans le cas B, a ⟹ (b ⟹ c) qui peut encore se lire (a∧b) ⟹ c.
- Dans le cas C, on a : (a ⟹ b) ⟹ (c ⟹ d), ou encore : si la règle (a ⟹ b) est vérifiée alors la règle (c ⟹ d) est aussi vérifiée.
  Ce qui peut aussi s'écrire : a ⟹ b∧c∧d.

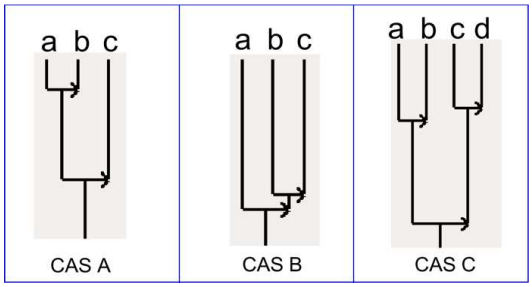


Figure 24 : Types d'arbres cohésitifs

Les niveaux se succèdent alors (niveaux 2, 3 etc.) et l'analyse implicative ainsi construite révèle alors un flux implicatif non lié à l'ordre des niveaux de difficulté mais à un certain ordre dans l'organisation implicative. Cet ordre est cependant très sensible aux petites variations de l'intensité d'implication ; pour cela on a calculé des niveaux significatifs, seuils qui ne sont franchis que pour des modifications relativement importantes des relations d'implication statistique qui les précèdent. Sur les arbres cohésitifs présentés ici, ces niveaux significatifs sont indiqués en rouge (figure 25).

Certains de ces arbres sont scindés en branches disjointes signifiant que le flux implicatif de la branche situé à gauche n'est pas assez puissant pour passer à droite comme on peut le voir en Annexe 10 avec le graphe cohésitif de l'ensemble des 84 items du cas français.

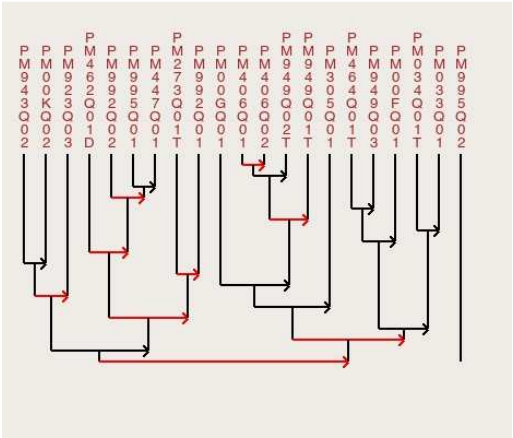


Figure 25 - Arbre Espace et Formes FRANCE

L'analyse de tels arbres est assez délicate, surtout s'il s'agit, ce qui est notre cas, d'effectuer des comparaisons. Il nous faudrait davantage de place et surtout il nous faudrait disposer de l'ensemble des items et avoir procédé à des analyses didactiques pour chacun d'eux. Nous nous limiterons ici à exploiter l'arbre cohésitif de la catégorie Espace et Forme dans le cas français (figure 25), arbre que l'on pourra mettre en relation avec 3.4.1 et la figure 13. On remarquera que cet arbre cohésitif ne permet pas de retrouver les chaînes telles que les chaînes 1 et 2 étudiées en 3.4.1. Cela est expliqué dans l'étude complémentaire en Annexe 12. Les arbres cohésitifs mettent en évidence des sous-ensembles d'items organisés par un ensemble de règles qui peuvent être lues comme une chaîne orientée de règles.

L'arbre de la figure 25 est nettement séparé en 3 branches principales. Nous avons isolé l'une de ces branches (figure 26), elle-même séparée en deux sous-branches à un niveau significatif (flèche rouge). La première sous branche peut s'écrire : (10 ⟹ (((1 ⟹ 2) ⟹ 3)) ⟹ 6))) ⟹ 11) ⟹ (((4 ⟹ 5) ⟹ 9) ⟹ (7 ⟹ 8)))

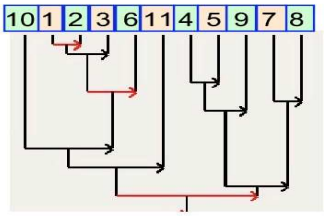


Figure 26 - Branche étudiée

La densité implicative de l'ensemble des 11 éléments de cet arbre cohésitif, aux seuils utilisés dans cette étude (intensité d'implication 0.95 et coefficient de confiance 75%) est égale à 0,618, ce qui, bien que légèrement inférieure aux valeurs trouvées pour les chaînes 1 et 2 (tableau 11), elles aussi extraites de la catégorie Espace et Formes, est très importante. En étudiant de la même façon des branche secondaires d'arbres cohésitifs d'autres pays et d'autres catégories de contenus, on parvient au même résultat :
Les sous-branches des arbres cohésitifs permettent de repérer des ensembles de variables qui présentent une densité implicative importante, mais en général moins importantes que les chaînes implicatives.
Pour conclure ce paragraphe qui, encore une fois, demanderait une étude statistique plus complète, accompagnée d'une analyse didactique des items, nous dirons que :
Sur un même ensemble d'items, les chaînes implicatives classiques présentent en général des densités implicatives plus élevées que les ensembles d'tems associés à des branches d'arbres cohésitifs. Toutefois, les chaînes de règles gardent une densité élevée.
Les chaînes implicatives classiques se rapprochent de la situation paradigmatique des chaines de Guttman (cf. 3.1) mais, le plus souvent, ne sont pas transitives.
Les chaînes de règles issues de l'analyse cohésitives se rapprochent aussi des chaînes de Guttman mais portent sur des objets plus difficiles à interpréter (les règles). Elles rendent compte de l'organisation implicative de tout ensemble de variables, ce qui n'est pas le cas des chaînes classiques.
Les deux modes d'analyse ont des qualités différentes et méritent d'être utilisées conjointement.
La figure 40 rassemble les densités de l'ensemble des items de la figure 39 pour les pays de l'étude. Nous reviendrons sur ce tableau au paragraphe suivant.

FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	SINGAPOUR	JAPON	GRÈCE	CORÉE
0,618	0,327	0,327	0,745	0,564	0,218	0,745

Figure 27 - Tableau 14 : Densités selon les pays de l'ensemble des items de la figure 39.

3.7 Les compétences en question

Un des objectifs de la présente étude était d'étudier la façon dont l'analyse implicative permettrait de donner sens à la notion de compétence en ce qui concerne la littératie mathématique et ses différentes catégories.
Pisa déclare évaluer des compétences et non simplement des connaissances. Plus précisément, car la notion de compétence est assez floue et assez controversée dans la littérature francophone, il serait préférable de nous référer directement aux vocables utilisés par PISA, à savoir que PISA évalue des "*skills"* et mesure des "*proficiency levels*"

dans les différents domaines et sous-domaines qu'il évalue. Ces deux termes ont été traduits par "compétence" et "niveaux de compétence" dans la plupart des documents en langue française, mais il serait préférable de parler respectivement de "savoir-faire" et de "niveaux de maîtrise". Dans ce qui suit, nous parlerons cependant de compétences pour nous conformer à l'usage.

PISA définit les compétences dans chacun des différents domaines de la littératie et dans chacune des sous-catégories (telle que celle des contenus) comme des continuums et leur associe des échelles laissant supposer que « qui peut le plus peut le moins ». Ce serait le cas si les relations d'implication statistique statistique dont nous traitons dans notre étude n'étaient plus seulement statistiques mais étaient des relations d'implication logique : on aurait alors des échelles de Guttman ; nous avons vu que c'était loin d'être le cas.

Nous nous intéressons à la question des compétences dans le sens que cette notion a pris dans le domaine général de l'éducation. De nombreuses définitions se font concurrence et, sans chercher à innover, nous dirons simplement que, pour nous, une compétence se caractérise par un ensemble coordonné de connaissances, de savoir-faire et d'attitudes permettant à qui la possède de traiter un ensemble de situations, elles-mêmes bien définies.

Pour évaluer une compétence, au sens que nous donnons à ce terme, il faudrait donc :

1. Avoir défini un ensemble de savoirs, de savoir-faire et d'attitudes coordonnées c'est-à-dire liées par des relations de complémentarité et d'opérationnalité par rapport à un ensemble de situations bien définies (la compétence).
2. Avoir identifié un ensemble de situations ou de types de tâches relevant de cette compétence, c'est-à-dire tel que cette compétence assure à qui la possède, la possibilité de traiter ces situations.
3. Avoir identifié ou construit un ensemble de situations (tâches) échantillonnant les situations du point 2.

Jusqu'à présent, dans cette étude sur les données de PISA, nous avons trouvé :

- Des ensembles d'items présentant une densité implicative relativement forte.
- Des chaînes implicatives, plus ou moins robustes.
- Des arbres cohésitifs associés à des ensembles d'items révélant un flux implicatif traversant l'ensemble de ces items de façon continue,

Dans chacun de ces cas il est légitime de penser que de tels ensembles seraient de bons candidats pour définir des compétences.

Toutefois, bien que l'on constate des proximités inter-pays, ni les graphes, ni les chaînes, ni les arbres, ni les densités correspondantes ne sont les mêmes ou suffisamment voisines entre les pays pour que l'on puisse parler de compétences communes aux sept pays étudies.

Tout se passe comme si ce qui pourrait être reconnu comme une compétence dans un pays pourrait ne pas l'être dans un autre pays, ce qui, à l'heure de la mondialisation et des mobilités associées ne serait pas sans poser quelques questions.

Les densités implicatives DCI (implication-confiance) relativement importantes observées pour l'ensemble des 84 items de PISA comme pour chacune des catégories de contenus ou de processus tend cependant à valider les groupements faits par PISA et permet de parler, dans un sens large, de la littératie mathématique comme étant une compétence particulière (occasion de rappeler que PISA n'évalue pas les connaissances et compétences en mathématiques mais un domaine particulier qui est justement la littératie mathématique). De même pour chacune des catégories de PISA.

D'autre part, une compétence n'est pas un absolu qui serait acquis ou qui ne le serait pas. En mathématiques, par exemple, la compétence à modéliser peut s'actualiser à tous les niveaux, de l'école primaire à l'université et au-delà. Il est donc nécessaire de définir des niveaux de compétence, ainsi, comme nous le verrons, que le fait PISA.
Supposons alors que pour une compétence donnée (vérifiant les points 1, 2 et 3 ci-dessus) l'on ait défini une compétence ainsi que 6 niveaux pour cette compétence : N1, N2, N3, N4, N4, N6, N6 étant le niveau le plus élevé.
Si, pour une évaluation donnée de cette compétence, portant sur une population P, on note E1, E2, E3, E4, E5 et E6, les ensembles d'élèves de P classés par cette évaluation aux niveaux respectifs N1, N2, N3, N4, N4, N6, N6, on s'attend à avoir :

$$N6 \subset N5 \subset N4 \subset N3 \subset N2 \subset N1$$

C'est-à-dire une chaîne de Guttman.
Nous voyons que nous rejoignions là la problématique de l'analyse statistique implicative. Un exemple est donné plus haut figure 39, un autre, ici, figure 41.
Pour PISA, le processus Interpréter est considéré comme une compétence. Nous avons ici un arbre qui tend à valider cette idée. Toutefois, d'une part la densité implicative associée est relativement faible (0,496), d'autre part, la continuité de cet arbre ne se retrouve pas dans les autres pays.
PISA définit ses catégories (contenus, processus) à partir d'une analyse pragmatique croisant des études statistiques (*field test)* et des jugements d'experts et ne prétend pas évaluer des compétences au sens que nous donnons à cette notion (points 1, 2 et 3 ci-dessus).

Cependant, PISA définit des *proficiency levels* qui sont souvent présentés comme des niveaux de compétence, ce qui introduit une certaine confusion, du moins ne langue française. Voyons comment PISA définit ces niveaux.

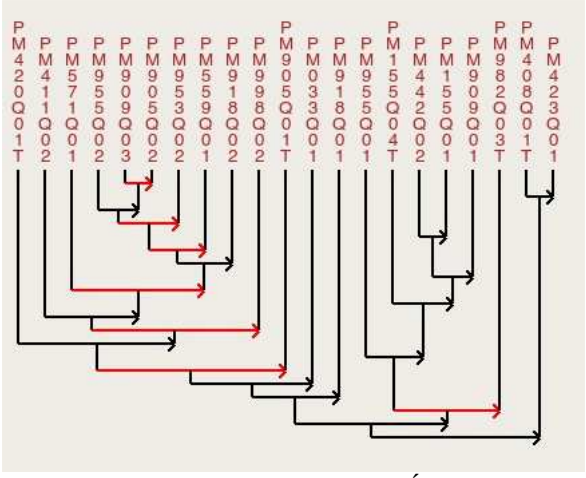


Figure 28 - Arbre Processus INTERPRÉTER - ITALIE

Pisa définit 6 niveaux de compétence (*proficiency levels*) définis à partir de traitements statistiques de façon à ce qu'un élève classé à un niveau donné ait plus de chance de réussir les items de même niveau ou de niveau inférieur que de ne pas les réussir (figure 28). On voit bien que ce point de vue est en adéquation parfaite avec la théorie statistique implicative et avec l'étude présentée ici.

Utilisant l'analyse des réponses aux items (IRT), PISA, ainsi que nous l'avons déjà écrit, génère des échelles ; échelles qui sont ensuite utilisées sans autre examen dans les rapports et dans la plupart des analyses (cf. section 1).

L'IRT permet de placer l'ensemble des items, l'ensemble des élèves et l'ensemble des pays sur une même échelle. Ainsi, sur l'une des échelles de PISA un pays peut être au niveau 510, un élève peut aussi être à ce niveau, mais aussi un item (figure 29).

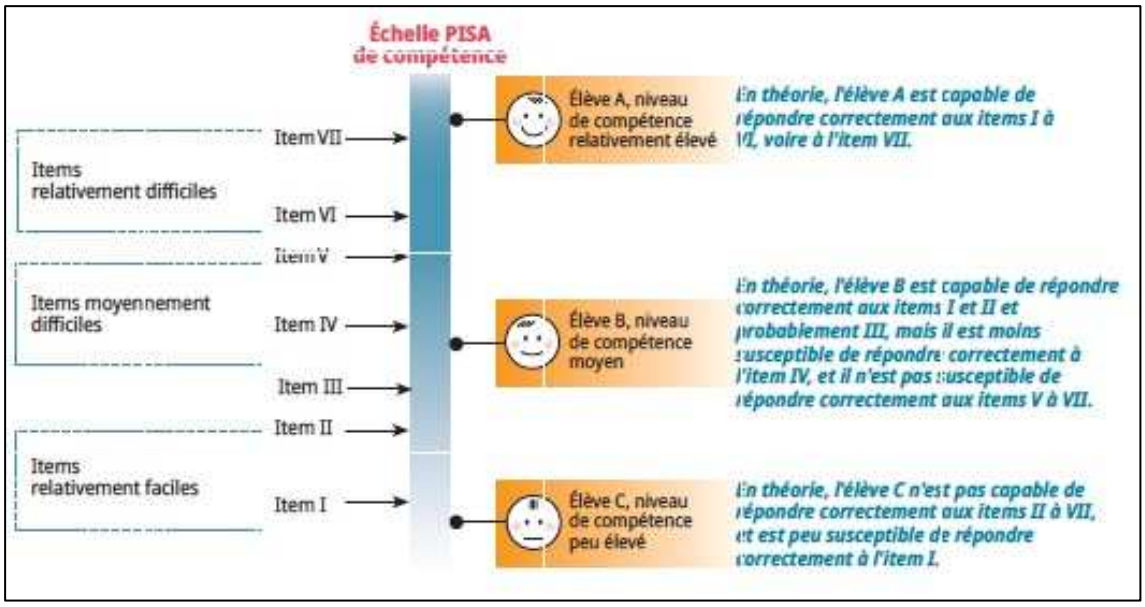


Figure 29 : Relation entre les items et la performance des élèves sur une échelle de compétences. (OECD2013 p.45)

Voyons comment PISA présente ces niveaux :

> « Ces niveaux ont tous été décrits sur la base de la charge cognitive des items, telle qu'indiquée dans le cadre d'évaluation, pour montrer les types de savoirs et savoir-faire requis pour y répondre correctement, ce qui permet de caractériser chaque niveau de compétence. Les élèves qui se situent au niveau 1 sont susceptibles de mener à bien des tâches de niveau 1, mais ne sont pas susceptibles d'effectuer des tâches situées à des niveaux supérieurs. Les tâches associées au niveau 6 sont les plus difficiles : elles impliquent des connaissances et des compétences très pointues en mathématiques. Les élèves qui se situent à ce niveau sont susceptibles de mener à bien les tâches de ce niveau, ainsi que toutes les autres tâches PISA. » (OCDE 2013)

Nous avons repris l'idée de PISA en partant d'une part du niveau des items définis par l'IRT et donnée dans les rapports de PISA (OECD 2014), d'autre part des scores des items tels qu'ils sont donnés dans le *compendium* officiel (en ligne). Pour limiter l'étude, nous n'avons fait cette partie de l'étude que sur le cas français, mais il ne fait pas de doute que les conclusions seraient les mêmes pour les autres pays.

Pour les scores des élèves, nous nous sommes contentés de les répartir sur une échelle de 0 à 1 en intervalles de même amplitude, ce qui donne les niveaux LP0, LP1, LP2, LP3, LP4, LP5 et LP6. Tous les élèves n'ayant pas passé des items de chacun des niveaux, nous avons gardé les 2000 élèves (France) qui avaient passé des items des niveaux LP1 à LP6, ce qui était suffisant pour notre étude.

Comme le fait PISA, nous avons commencé par considérer qu'un élève était au niveau LPX si son score de réussite pour l'ensemble des items de niveau LPX était supérieur à 50% mais nous avons trouvé que ce seuil de 50% n'était pas assez discriminante. Après divers essais, nous avons fini par fixer le pourcentage de réussite à chaque niveau à 75% et avons noté LP75_1 ; LP75_2 ,…, LP75_6 nos six niveaux. Avec les mêmes seuils que ceux utilisés dans le reste de l'article, nous obtenons le graphe de la figure 30, lequel peut être interprété de la façon suivante :

- Les élèves de niveau 6 (LP75_6) réussissent au moins 75 % des items du niveau 5, ceux de niveau 5 tendent à réussir au moins 75% des items de niveau 4; les élèves de niveau 6 tendent à réussir aussi 75% des items de niveau 4.

Le graphe est complet au sens de la théorie des graphes.

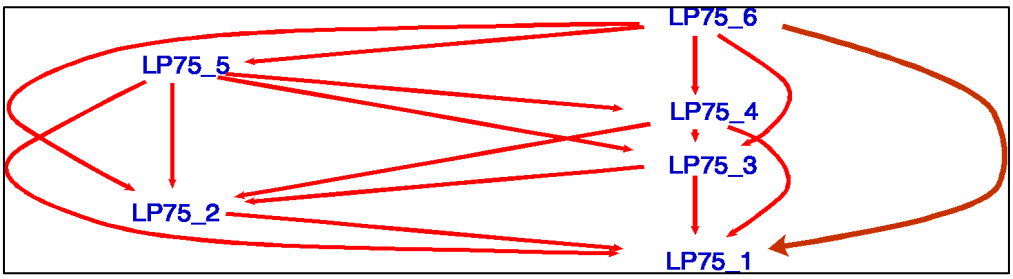


Figure 30 : Graphe des compétences LP75

On aurait pu penser que les élèves de niveau 6 réussiraient tous, ou presque tous les items des niveaux inférieurs, mais ce n'est pas le cas. La chaîne des niveaux est bien complète en termes d'analyse statistique implicative, mais si l'on introduit Le coefficient de confiance en pourcentages, on obtient la figure 31.

Figure 31 : Chaîne implicative des compétences LP75 avec indication de la confiance

La chaîne peut se lire de la façon suivante :

- Le coefficient de confiance pour qu'un élève classé au niveau 6 satisfasse les conditions du niveau 5 est 0,78.
- Le coefficient de confiance pour qu'un élève classé au niveau 5 satisfasse les conditions du niveau 4 est 0,59.

Le tableau 15 présente les coefficients de confiance en pourcentage des divers liens statistiquement implicatifs. Le fait qu'un élève classé au niveau 6 ait une probabilité de 0,04 de ne pas pouvoir être classé au niveau 1 peut s'expliquer par des erreurs d'étourderies, mais le fait qu'un élève classé au niveau 5 n'ait qu'une probabilité de 0,59 de pouvoir être classé au niveau 4 est plus surprenant.
Nous avons fait la même étude en remplaçant le seuil 75% par le seuil 50%, comme le fait PISA ou par le seuil 90%. Dans ces deux cas nous sommes arrivés aux mêmes conclusions, lesquelles nous semblent avoir un intérêt didactique :

- Les élèves qui réussissent les items d'un certain niveau ne réussissent pas nécessairement les items de niveau inférieur.
- La validité du classement en niveaux utilisée par PISA mérite ainsi d'être interrogée.

	LP75_6	LP75_5	LP75_4	LP75_3	LP75_2	LP75_1
LP75_6		**78%**	**81%**	**93%**	**96%**	**96%**
LP75_5			**59%**	**81%**	**92%**	**90%**
LP75_4				**69%**	**86%**	**89%**
LP75_3					**83%**	**88%**
LP75_2						**85%**

Tableau 15 : coefficient de confiance des liens de la chaîne de compétences LP75

Toutefois, d'une part PISA n'évalue pas les élèves mais les systèmes éducatifs et, d'autre part, notre approche qui nous paraît plus pertinente d'un point de vue didactique n'est pas la même que celle utilisée par PISA. Nous n'avons pas eu la possibilité de reprendre cette partie de l'étude en utilisant les données brutes et la méthodologie utilisée par PISA mais il est peu vraisemblable que cela puisse conduire à des résultats différents. Nous ne mettons pas pour autant en cause les analyses et les résultats fournis par PISA ; simplement, l'objectif de notre travail est différent du leur.

4 Résultats et discussion

Au-delà des palmarès et des résultats aux items de l'enquête PISA, l'étude que nous avons présentée dans cet article met en évidence des différences et des ressemblances entre les comportements des élèves des huit pays étudiés par rapport aux items de littératie mathématique de PISA2012. La limitation de l'étude à des niveaux d'intensités d'implication élevés nous a permis de mieux distinguer les relations implicatives les plus significatives tandis que l'introduction de la notion de confiance dans la modélisation de la relation d'implication statistique nous a permis de ne conserver que les relations les plus intéressantes pour l'évaluation. Par ailleurs, il nous a paru utile de nous intéresser à la complexité des items. Nous avons vu à la section 2.4.3 que la hiérarchie de la taxonomie de la complexité cognitive était bien respectée en moyenne dans les 8 pays étudiés sur ce point. Toutefois les analyses que nous avons faites pour les chaînes montrent que cette hiérarchie n'est pas respectée dans le détail. Cela peut être dû à des défauts dans les analyses *a priori* qui, eux-mêmes, peuvent être dus à la difficulté que nous avons à accéder aux questions, mais cela peut aussi être dû à la relative homogénéité des items que nous avons classés pour la plupart aux niveaux B et C, alors même qu'il est parfois difficile de distinguer ces deux niveaux. Nous espérons pouvoir reprendre cette étude avec d'autres données, telles que celles de TIMSS, qui pourraient concerner des items mieux répartis sur les quatre ou mieux, sur les cinq niveaux de la taxonomie. Nous avons essayé, sans toujours y parvenir, de distinguer ce qui pouvait être de l'ordre d'artefacts induits par la méthodologie adoptée par PISA pour le choix des items de ce qui pouvait constituer de réelles différences dans les structures de connaissances des élèves des pays étudiés. Par exemple, le fait que l'ordre des difficultés des items soit assez semblable d'un pays à l'autre est à l'évidence dû à l'utilisation de la théorie des réponses aux items (IRT) pour le calibrage des items. Ce qui est surprenant, ce n'est donc pas que cet ordre soit conservé d'un pays à l'autre, mais plutôt que certains items, dans certains pays, puissent échapper à cet ordre. Par contre, les différences observées dans les densités des graphes,

de même que les différences concernant les chaînes implicatives révèlent très certainement des différences dans les structures de connaissances moyennes des élèves des divers pays par rapport à la littératie mathématique telle que mesurée par PISA. Notre intérêt pour la question des compétences nous a amenés à étudier comment cette notion était traitée par PISA, particulièrement la question des niveaux de compétence, sur lesquels s'appuient la plus grande partie des analyses de PISA. L'étude montre qu'il est difficile de définir des compétences indépendantes des curriculums et des cultures nationales. Nous avons laissé de côté la difficile question des équivalences entre les différentes versions linguistiques des questions. Pour cela, PISA utilise des procédures complexes mais il est clair que cette équivalence ne peut pas être totalement assurée. En revanche une étude plus complète pourrait s'intéresser aux effets des différences curriculaires, non seulement concernant les programmes mais aussi concernant les méthodes d'enseignement et d'évaluation, ainsi que la formation des enseignants. Les questionnaires contextuels fournissent des données permettant d'avancer sur ces points. Le chantier reste ouvert.

5 Conclusion et perspectives

Ce chapitre ne rend compte que d'une première tentative de l'utilisation de l'ASI pour effectuer des analyses complémentaires des résultats des enquêtes internationales d'un point de vue comparatif : analyses qui prendraient pleinement en compte les questionnements cognitifs sur lesquels se basent toutes ces études. Nous pensons avoir montré que l'analyse statistique implicative permettait une approche nouvelle des données de ces enquêtes ; qu'elle permettait une mise à plat différenciée des relations entre les items selon les pays ou les groupes d'élèves étudiés. À partir de là, des études didactiques plus précises seraient nécessaires pour donner sens aux proximités comme aux différences constatées. Nous avons dû limiter cette étude à quelques chaînes, cela en partie par manque de place, mais aussi à cause de la difficulté d'accéder aux informations qui nous seraient nécessaires. L'un des auteurs ayant été chargé d'une étude comparative des cadres de référence de PISA et de TIMSS a eu la chance de pouvoir consulter les questions de littératie mathématique de PISA2012 et de pouvoir prendre quelques notes. Cela lui a permis d'avoir le recul suffisant pour contribuer à la présente étude (qui ne révèle rien qui ne soit public). Cependant, nous aurions aimé faire une analyse plus didactique de l'organisation des items selon la relation de l'implication statistique. Cela aurait supposé un travail plus approfondi et plus collectif sur l'ensemble des items. Nous ne désespérons pas que l'occasion puisse nous en être donnée ultérieurement. Nous n'avons travaillé que sur la littératie mathématique, mais quelques tests mélangeant les trois domaines de la littératie nous ont montré que de nombreuses relations quasi-implicatives fortes circulaient à travers ces trois domaines. Cela n'est pas très étonnant compte tenu de la place importante du verbal dans ces trois domaines et des très fortes corrélations existantes entre leurs résultats, mais cela justifierait une exploration plus précise. L'une des limites de notre travail sur PISA est la relative homogénéité des items posés, ce qui se traduit par la forte densité des graphes observés. Cela n'est pas un défaut dans le sens où cela donne une certaine validité au concept de littératie. Dans d'autres études, les données sont beaucoup plus dispersées et, de ce fait, les chaînes implicatives observées apportent davantage de surprises. Nous songeons à reprendre cette étude avec les données de TIMSS 2015, qui, si notre hypothèse est valable, devrait conduire à des

densités plus faibles. Les études PISA sont souvent critiquées pour des raisons qui ne nous semblent pas toujours justifiées. L'entreprise est gigantesque et ne peut être sans défaut ni sans des approximations discutables. Il n'en reste pas moins que l'importance que PISA a pris dans le champ éducatif mérite que la recherche en didactique se saisisse des données pour mener des études complémentaires susceptibles de produire de nouvelles compréhensions sur la façon dont les connaissances s'organisent chez les élèves selon les curriculums et les cultures nationales.

Références

Bodin, A. (2010). Vers un test adaptatif - critérié, combinant l'utilisation de l'IRT et de l'ASI, pour l'évaluation du socle commun de connaissances et de compétences. In J.C. Régnier, R. Gras, F. Spagnolo, B. Di Paola (Eds) *Analyse Statistique Implicative : Objet de recherche et de formation en analyse des données, outil pour la recherche multidisciplinaire. Prolongement des débats.* QRDM Quaderni di Ricerca in Didattica - GRIM ISSN on-line 1592-4424, Palerme: Université de Palerme. http://math.unipa.it/~grim/QRDM_20_Suppl_1.htm

Bodin, A. , Couturier, R. , Gras, R (1996). Analyse d'une épreuve de concours par la méthode implicative. *Actes des journées de la société Française de Classification,* Vannes.

Bodin, A., Giovaninni, M. L. (2017). L'ASI au service d'une lecture didactique des résultats d'une recherche évaluative. In J.C. Régnier, R. Gras, R. Couturier, A. Bodin (Eds). *Analyse statistique implicative. Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques.* France: Université de Bourgogne-Franche Comté. ISBN 978-2-9562045-1-0 http://sites.univ-lyon2.fr/asi/9/pub/ISBN9782956204510ASI9.pdf

Bodin, A., Grapin, N. (2018). Un regard didactique sur les évaluations du PISA et de la TIMSS. Mieux les comprendre pour mieux les exploiter. *Mesure et évaluation en éducation*, 2018, vol . 41, no 1, pp.67-96

Bodin, A., Gras, R. (2017). L'ASI analyseur et révélateur de la complexité cognitive taxonomique. In J.C. Régnier, R. Gras, R. Couturier, A. Bodin (Eds). *Analyse statistique implicative. Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques.* France: Université de Bourgogne-Franche Comté. ISBN 978-2-9562045-1-0 http://sites.univ-lyon2.fr/asi/9/pub/ISBN9782956204510ASI9.pdf

Bodin, A. (1997). Modèles sous-jacents à l'analyse implicative et outils complémentaires. In A. Bodin, R. Gras, J.B. Lagrange (Eds). *Implication statistique*, prépublication 97-32 - IRMAR de RENNES.

Bodin, A., Grapin, N. (2016). Comparaison des cadres de référence et des instruments d'évaluation des enquêtes PISA et TIMSS. *Étude commanditée par le CNESCO (Conseil National de l'Évaluation du système scolaire.* http://www.cnesco.fr/fr/comparaison-pisa-timss/

Caro, D.H., Biecek, B. (2017). Intsvy: An R Package for Analyzing International Large-Scale Assessment Data. https://cran.r-project.org/web/packages/intsvy/intsvy.pdf

Couturier, R , Ghanem, S. (2009). Ajout de la confiance au graphe implicatif. In R. Gras, R., J.C. Régnier, D. Lahanier-Reuter, C. Marinica, F. Guillet, (Eds) (2017) *Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux Sciences Humaines et Sociales.* Toulouse : Cépadues

Couturier, R. (2001). Traitement de l'analyse statistique implicative dans CHIC. *Actes des Journées sur la Fouille dans les données par la méthode d'analyse implicative*, IUFM Caen, pp. 33–50.

Couturier, R. (2005). Un système de recommandation basé sur l'ASI. *Actes de la troisième rencontre internationale de l'Analyse Statistique Implicative* (ASI3), Palerme, Italie, pp. 157–162.

Couturier, R. (2007). CHIC. Utilisation et fonctionnalités. In R. Gras, P. Orús Báguena B**.** Pinaud, P. Gregori (Eds). *Nouveaux Apports Théoriques à l'Analyse Statistique Implicative et Applications*. Colloque ASI4. pp. 4–49

Couturier, R. and Pazmiño, R. (2015). Statistical implicative analysis for educational data sets analysis with RCHIC, *Edutec XVIII Congreso Internacional* Riobamba-ECUADOR.

Couturier, R. and Pazmiño, R. (2016). Use of Statistical Implicative Analysis in Complement of Item Analysis. *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 6, No. 1.

Couturier, R. et al (2015). Statistical implicative analysis for educational data sets. Analysis with RCHIC. *Actes XVIII Congreso Internacional EDUTEC "Educación y Tecnología desde una visión. Transformadora".*

Couturier, R. Gras, R. and Guillet, F. (2004). Reducing the number of variables using implicative analysis. *International Federation of Classification Societies, IFCS 2004,*. Springer Verlag: Classification, Clustering, and Data Mining Applications. pp. 277–285

Delacroix, T. (2014a). A renewed approach to the foundations of SIA theory: Generalizing SIA to incorporate multiple behavior hypotheses; Thoughts on the implicative intensity. *Educ. Matem. Pesq.*, São Paulo, v.16, n.3, pp.773–794, Especial ASI

Delacroix, T. and Boubekki, A. (2014b). An application of multiple behavior SIA for analyzing data from student exams. *Educ. Matem. Pesq.*, São Paulo, v.16, n.3, pp.795–812, 2014 Especial ASI.

Ghanem, S., Couturier, R. (2015). Ajout de la confiance au graphe implicatif. In J.C. Régnier, Y. Slimani, R. Gras, I. Ben Tarbout, A. Dhouibi, (Eds) (2015**)**. *Analyse statistique implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales*. Tunisie.

ARSA Association pour la Recherche en Statistique Appliquée ISBN 978-9973-9819-0-5. (1ère édition) - *QRDM - Quaderni di Ricerca in Didattica* - G.R.I.M. Supplemento n.1 al N.25- Palermo 2015 (2ème édition). http://math.unipa.it/%7Egrim/quaderno25_suppl_1.htm pp. 117–129.

Gras, R. (1979). *Contribution à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs en didactique des mathématiques*. Thèse, Université de Rennes 1.

Gras, R. (2013). *Genèse et développement de l'Analyse Statistique Implicative, rétrospective intuitive*. http://sites.univ-lyon2.fr/asi7/10juin2013/10juin2013RG.pdf

Gras, R. and Kuntz, P. (2008). An overview of the Statistical Implicative Analysis (SIA) development. *Statistical Implicative Analysis: Theory and Applications*., Springer Berlin Heidelberg. pp. 1–40

Gras, R., Régnier, JC., Lahanier-Reuter, D. Marinica, C., Guillet, F. (Eds) (2017) *Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux Sciences Humaines et Sociales.* Toulouse : Cépadues

Khaled, H. et Couturier, R. (2015). Apport de la Combinaison de la Méthode d'Analyse Statistique Implicative (ASI) avec la Théorie de Réponse aux Items (IRT). . In J.C. Régnier, Y. Slimani, R. Gras, I. Ben Tarbout, A. Dhouibi, (Eds) (2015**)**. *Analyse statistique implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales*. Tunisie. ARSA Association pour la Recherche en Statistique Appliquée ISBN 978-9973-9819-0-5. (1ère édition) - *QRDM - Quaderni di Ricerca in Didattica* - G.R.I.M. Supplemento n.1 al N.25- Palermo 2015 (2ème édition). http://math.unipa.it/%7Egrim/quaderno25_suppl_1.htm , pp. 243–262.

Khaled, H. Ghanem, S. and Couturier, R. (2014). Analysis of Bejaia University Computer Science students' marks through the CHIC software and Statistical Implicative Analysis. *Actes du 4ème Colloque International ISKO-Maghreb 2014. Concepts et Outils pour le Management de la Connaissance (KM)*. CERIST, Algérie.

Montpied, P et *al.* (2019). Inégalité de la culture scientifique en France ? Étude des caractéristiques impliquées dans les sources de difficultés des items PISA-SCIENCES. In J.C. Régnier, R. Gras, M. Henry, R. Couturier, G. Brousseau (Eds) *Cadre théorique en relation étroite et au service de multiples disciplines. Prolongement des débats engagés lors du colloque*. Colloque ASI 10. Belfort : IUT de Belfort-Montbéliard. pp. 164-212

OCDE (2013) Résultats du PISA 2012 : Savoirs et savoir-faire des élèves : Performance des élèves en mathématiques, en compréhension de l'écrit et en sciences, PISA, éditions OCDE.

OCDE (2013a), *Cadre d'évaluation et d'analyse du cycle PISA 2012 : Compétences en mathématiques, en compréhension de l'écrit, en sciences, en résolution de problèmes*

et en matières financières, PISA, Éditions OCDE, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264190559-fr.

OECD (2014), *PISA 2012 technical report*, OECD Publishing. http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA-2012-technical-report-final.pdf

Oldenburg, R. (2010). A re-analysis of TIMSS data using statistical Implicative Analysis. In J.C. Régnier, R. Gras, F. Spagnolo, B. Di Paola (Eds) *Analyse Statistique Implicative : Objet de recherche et de formation en analyse des données, outil pour la recherche multidisciplinaire. Prolongement des débats.* QRDM Quaderni di Ricerca in Didattica - GRIM ISSN on-line 1592-4424, Palerme: Université de Palerme. http://math.unipa.it/~grim/QRDM_20_Suppl_1.htm pp. 411–424.

Roditi, E., Salles, F. (2015). Nouvelles analyses de l'enquête Pisa 2012 en mathématiques. Un autre regard sur les résultats. *Éducation et formation*, 86-87, 235-258.

Ruddock, G., Clausen-May, T., Purple, C., Ager, R. (2006). Validation study of the PISA 2000, PISA 2003 and TIMSS-2003 international studies of pupil attainment. London dfes.

Vergnaud G., (1994). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10/2-3.

Wu, M. (2009). *A critical comparison of the contents of PISA and TIMSS mathematics assessments.* University of Melbourne Assessment Research Centre. https://edsurveys.rti.org/PISA/documents/WuA_Critical_Comparison_of_the_Contents_of_PISA_and_TIMSS_psg_WU_06.1.pdf

Voir aussi : Site d'Antoine Bodin: https://antoine-bodin.com/

Annexes

Annexe 1: Étude des rangs relatifs des scores selon les pays

PISA 2012 - Item scores for some countries										Item ranks of scores accross countries								Difference maxi
Unit Item technical report Code	OCDE	France	Germany	Italy	Singapour	Japon	Greece	Korea	Finland	France	Germany	Italy	Singapour	Japon	Greece	Korea	Finland	
PM00FQ01	42,6	42,51	42,78	38,27	62,2	51,96	25,16	62,02	53,93	31	28	30	38	30	26	45	43	19
PM00GQ01	8,17	6,91	11,26	7,28	21,4	21,62	1,83	15,13	11,72	4	5	4	4	11	3	4	6	8
PM00KQ02	11,6	13,00	21,26	15,04	33,2	11,74	9,50	14,57	20,38	6	12	12	7	3	9	3	12	9
PM033Q01	73,2	77,36	81,60	75,83	81,6	86,16	66,80	78,22	86,54	74	77	78	69	75	75	65	79	14
PM034Q01T	38,9	41,81	48,17	34,90	57,6	58,68	26,40	55,57	54,49	30	33	27	27	45	28	34	44	18
PM155Q01	67,1	65,81	69,58	66,30	80,1	79,20	59,77	77,51	77,26	64	64	64	66	70	67	64	67	6
PM155Q02D	58,9	64,99	69,57	51,01	77,1	64,56	41,02	73,09	67,09	61	63	51	62	55	46	58	55	17
PM155Q03D	17,4	15,97	22,07	12,00	43	27,44	12,12	34,08	21,47	11	13	9	16	12	14	12	15	7
PM155Q04T	53,2	64,74	58,62	54,11	59,9	58,51	43,19	64,44	68,78	60	52	54	32	44	50	52	57	28
PM192Q01T	40,4	39,14	50,77	31,50	62,5	59,90	28,71	59,18	56,68	24	40	24	39	48	32	41	46	24
PM273Q01T	50	48,88	57,02	45,04	61,8	64,31	47,31	64,14	59,98	46	50	41	36	54	58	51	50	22
PM305Q01	54,1	65,76	66,34	60,27	65,9	59,95	42,53	62,46	69,19	63	58	60	45	49	49	46	58	18
PM406Q01	22,3	16,89	30,90	26,03	54,3	39,75	14,08	40,12	30,73	13	17	22	24	19	15	17	20	11
PM406Q02	15,1	17,19	19,40	14,35	41	36,95	7,91	30,06	18,64	14	9	11	14	17	6	11	11	11
PM408Q01T	37,3	49,40	49,43	42,83	50,5	38,73	37,09	38,73	51,37	48	37	40	21	18	39	14	39	34
PM411Q01	48,2	52,43	55,60	55,64	73,2	56,33	35,21	61,24	58,63	50	46	58	55	38	37	44	49	21
PM411Q02	45,4	44,61	49,66	42,32	59,1	53,97	44,73	53,45	51,01	37	38	38	30	35	52	32	38	22
PM420Q01T	48,4	48,24	50,70	45,15	61,5	44,48	44,74	28,19	57,33	44	39	42	35	26	53	10	48	43
PM423Q01	78,2	81,42	81,24	79,25	81,6	78,81	81,69	81,91	79,62	79	76	79	70	69	80	73	73	11
PM442Q02	37,5	43,57	42,09	40,34	58,7	63,18	24,36	56,06	46,20	35	27	34	28	53	25	35	30	28
PM446Q01	68,8	65,70	65,00	64,81	75,8	78,51	62,45	79,33	77,90	62	57	62	59	68	70	67	69	13
PM446Q02	6,67	6,44	7,24	3,57	30,6	14,95	2,32	16,22	7,93	3	3	2	6	5	4	5	3	4
PM447Q01	67,5	69,91	74,17	70,40	75,9	86,18	49,49	85,13	78,18	67	68	71	60	76	61	75	70	16
PM462Q01D	12,5	14,48	12,49	15,45	21	12,75	11,09	44,38	8,55	10	6	13	3	4	12	22	5	19
PM464Q01T	21,2	19,00	32,58	28,10	54,8	36,73	9,18	41,98	33,72	16	20	23	25	16	7	19	22	18
PM474Q01	72,6	75,12	77,50	75,56	82,7	89,83	65,16	81,77	83,67	71	72	77	71	81	72	72	75	10
PM496Q01T	49,9	52,12	55,42	49,55	72,5	60,28	45,10	63,96	60,82	49	45	47	54	51	54	50	51	9
PM496Q02	63,9	70,11	69,97	68,84	80,8	72,38	60,00	80,00	76,34	68	66	69	68	62	68	68	65	7
PM559Q01	60,5	61,04	66,75	68,06	75,4	66,25	62,28	81,35	76,38	58	60	66	57	58	69	71	66	14
PM564Q01	44,2	44,48	51,56	42,26	65,6	51,00	41,66	51,00	48,13	36	41	36	44	28	48	28	32	20
PM564Q02	43,2	41,09	48,39	42,11	61,3	57,78	34,08	52,25	47,80	28	34	35	34	41	36	29	31	13
PM571Q01	45,5	55,74	56,11	46,79	60,8	52,29	40,42	58,10	57,25	55	47	44	33	31	45	38	47	24
PM603Q01T	45,1	52,48	57,71	58,12	55,4	51,37	32,34	47,06	49,03	51	51	59	26	29	34	25	35	34
PM800Q01	86,2	85,42	86,64	90,87	92,1	95,84	90,32	96,45	94,88	81	80	84	83	84	84	84	84	4
PM803Q01T	28,1	24,21	36,06	24,09	44,1	55,79	17,05	43,23	39,45	19	23	20	17	37	17	20	26	20
PM828Q01	29,6	36,95	33,09	11,16	53	40,14	16,36	49,06	37,84	21	21	7	23	20	16	26	25	19
PM828Q02	56	42,95	59,80	50,15	71,2	55,06	46,06	66,28	64,16	32	53	48	52	36	55	53	53	23
PM828Q03	23,6	30,45	36,65	25,46	36,1	8,66	20,14	14,19	36,24	20	26	21	11	2	20	2	24	24

PM903Q01	23,2	18,17	27,71	20,98	46,6	35,33	17,97	43,32	23,63	15	16	17	19	15	19	21	17	6
PM903Q03	29	23,16	24,79	20,01	63,9	43,20	25,57	46,27	23,39	18	14	15	41	24	27	24	16	27
PM905Q01T	78,2	78,82	79,57	75,02	84	87,08	72,30	86,18	84,24	75	74	76	73	77	78	78	76	5
PM905Q02	47,1	47,93	56,35	50,45	78,6	62,40	41,45	63,12	56,41	43	48	49	65	52	47	49	45	22
PM906Q01	54,9	61,14	67,66	55,24	84,3	59,45	43,73	61,07	68,15	59	61	57	75	46	51	43	56	32
PM906Q02	41	46,46	49,03	38,65	70,9	41,97	30,40	59,18	44,52	41	35	31	50	22	33	42	28	28
PM909Q01	88,9	93,82	92,44	88,94	93,5	94,18	83,54	93,51	94,56	84	84	83	84	83	81	83	83	3
PM909Q02	58,6	68,36	74,49	61,72	70,8	69,82	52,81	71,25	69,19	65	69	61	49	60	63	57	59	20
PM909Q03	33,2	39,39	44,93	36,98	48,8	58,25	28,53	55,00	28,36	25	30	29	20	42	31	33	18	24
PM915Q01	41,2	41,59	31,91	34,90	64,6	57,69	24,27	66,66	40,81	29	18	26	42	40	24	54	27	36
PM915Q02	62,5	79,32	80,46	67,80	88,2	65,64	46,10	74,02	81,50	77	75	65	79	57	56	62	74	23
PM918Q01	89,5	88,52	87,95	86,79	90,6	85,25	83,71	90,76	86,21	82	81	81	81	73	82	82	78	9
PM918Q02	78,9	75,73	85,19	70,53	85,4	90,76	67,74	86,88	87,65	72	79	72	77	82	77	80	80	10
PM918Q05	77,7	80,86	77,00	74,42	85,6	87,70	67,46	85,05	85,49	78	71	74	78	78	76	74	77	7
PM919Q01	82,5	83,05	88,68	84,31	89,2	87,94	76,88	89,06	87,96	80	82	80	80	79	79	81	81	3
PM919Q02	42,3	43,39	46,96	42,32	59	42,00	39,46	52,37	50,74	33	32	37	29	23	43	30	37	20
PM923Q01	54,8	54,49	64,10	51,01	71,3	56,83	47,90	58,83	72,98	53	56	50	53	39	59	39	63	24
PM923Q03	47,1	44,87	53,59	48,99	77,2	52,80	36,63	56,27	50,07	38	44	46	63	32	38	37	36	31
PM923Q04	14,2	13,35	19,61	12,44	37,8	18,69	9,27	21,16	16,06	7	10	10	13	9	8	7	10	6
PM924Q02	59,6	56,33	66,49	54,28	76,8	69,60	53,71	73,22	72,17	56	59	55	61	59	64	59	61	9
PM943Q01	51,3	46,65	52,01	54,48	64,8	59,82	46,37	62,81	46,15	42	43	56	43	47	57	47	29	28
PM943Q02	5,71	3,03	5,82	7,11	18,5	16,83	1,21	19,51	3,60	2	2	3	2	7	2	6	1	6
PM949Q01T	64,2	74,89	73,06	69,61	84,6	84,54	57,35	85,38	73,06	70	67	70	76	71	66	77	64	13
PM949Q02T	33,6	48,28	26,59	39,43	66,9	72,14	28,36	73,62	13,19	45	15	32	46	61	29	60	7	54
PM949Q03	35,3	40,42	32,00	23,67	69,4	64,89	17,91	68,39	29,60	27	19	19	48	56	18	56	19	38
PM953Q02	49,5	53,56	51,83	51,59	69,3	52,95	38,88	63,03	52,81	52	42	53	47	33	42	48	42	20
PM953Q03	49,1	45,45	56,60	46,99	71	60,09	39,95	67,13	51,71	40	49	45	51	50	44	55	40	15
PM953Q04D	17,7	16,64	20,22	11,64	35,8	20,72	11,02	35,38	21,23	12	11	8	9	10	11	13	14	6
PM954Q01	67,3	57,38	68,42	68,80	84,1	76,24	55,35	81,18	65,78	57	62	68	74	66	65	70	54	20
PM954Q02	34,4	38,78	44,77	21,90	35,9	58,46	20,96	40,04	35,88	23	29	18	10	43	23	16	23	33
PM954Q04	25,4	21,05	36,01	18,17	63,8	33,02	10,40	38,76	31,83	17	22	14	40	13	10	15	21	30
PM955Q01	69,7	74,04	79,03	68,42	46,6	77,39	65,65	75,15	78,51	69	73	67	18	67	73	63	72	55
PM955Q02	28,7	40,03	36,35	36,41	35,7	34,61	28,44	56,27	48,58	26	25	28	8	14	30	36	34	28
PM955Q03	10	13,72	14,35	8,45	90,8	16,51	20,87	23,96	15,00	8	7	6	82	6	22	8	8	76
PM982Q01	86,3	88,86	89,08	88,35	52,1	85,22	86,71	85,34	90,32	83	83	82	22	72	83	76	82	61
PM982Q02	33,2	38,29	36,29	34,65	73,6	41,07	20,14	44,53	20,55	22	24	25	56	21	21	23	13	43
PM982Q03T	63,7	69,68	69,84	70,86	62	75,71	62,96	73,80	72,89	66	65	73	37	65	71	61	62	36
PM982Q04	48	54,60	60,01	45,35	77,2	74,94	37,71	58,89	70,37	54	54	43	64	64	40	40	60	24
PM992Q01	76,3	77,29	83,29	74,83	80,6	88,80	66,08	86,78	78,44	73	78	75	67	80	74	79	71	13
PM992Q02	19,1	14,37	16,53	20,23	42,2	43,39	11,10	40,50	15,58	9	8	16	15	25	13	18	9	17
PM992Q03	8,18	8,59	9,67	8,04	25,6	17,62	4,43	27,34	8,06	5	4	5	5	8	5	9	4	5
PM995Q01	55,3	49,00	63,99	51,34	75,7	73,77	48,55	79,08	61,82	47	55	52	58	63	60	66	52	19
PM995Q02	3,31	2,66	3,32	3,08	13,2	7,81	0,64	6,35	5,28	1	1	1	1	1	1	1	2	1
PM995Q03	46,2	43,49	49,38	40,19	59,3	53,16	33,23	52,65	52,79	34	36	33	31	34	35	31	41	10
PM998Q02	73,7	79,27	76,06	65,51	83	85,45	51,90	80,06	77,46	76	70	63	72	74	62	69	68	14
PM998Q04T	38,9	44,88	45,42	42,42	37,2	50,59	38,81	49,90	48,57	39	31	39	12	27	41	27	33	29

Annexe 2 : Coefficients de corrélation des scores des catégories PROCESSUS intra-pays et inter-pays

TOUT	France	Allemagne	Italie	Singapour	Japon	Grèce	Corée	Finlande
OCDE	0,97	0,98	0,97	0,92	0,93	0,97	0,92	0,96
France		0,97	0,97	0,89	0,91	0,94	0,91	0,95
Allemagne			0,96	0,90	0,90	0,94	0,88	0,98
Italie				0,89	0,90	0,96	0,90	0,94
Singapour					0,89	0,86	0,91	0,88
Japon						0,87	0,94	0,88
Grèce							0,88	0,93
Corée								0,87

FORMULER	France	Allemagne	Italie	Singapour	Japon	Grèce	Corée	Finlande
OCDE	0,99	0,98	0,98	0,94	0,93	0,98	0,95	0,96
France		0,98	0,97	0,94	0,93	0,96	0,95	0,96
Allemagne			0,97	0,94	0,92	0,96	0,92	0,98
Italie				0,92	0,90	0,98	0,92	0,94
Singapour					0,92	0,89	0,96	0,91
Japon						0,87	0,95	0,91
Grèce							0,89	0,93
Corée								0,91

EMPLOYER	France	Allemagne	Italie	Singapour	Japon	Grèce	Corée	Finlande
OCDE	0,96	0,96	0,97	0,87	0,92	0,95	0,90	0,96
France		0,95	0,95	0,82	0,89	0,90	0,87	0,92
Allemagne			0,94	0,84	0,85	0,90	0,81	0,98
Italie				0,84	0,88	0,94	0,87	0,92
Singapour					0,83	0,79	0,85	0,82
Japon						0,87	0,94	0,82
Grèce							0,86	0,91
Corée								0,81

INTERPRÉTER	France	Allemagne	Italie	Singapour	Japon	Grèce	Corée	Finlande
OCDE	0,97	0,98	0,97	0,94	0,91	0,95	0,85	0,94
France		0,97	0,96	0,88	0,87	0,92	0,85	0,94
Allemagne			0,97	0,93	0,92	0,95	0,86	0,94
Italie				0,92	0,88	0,97	0,88	0,94
Singapour					0,90	0,88	0,85	0,89
Japon						0,82	0,89	0,83
Grèce							0,80	0,91
Corée								0,82

Annexe 3 : Scores moyen des 84 items et scores sur l'échelle internationale

	OCDE	France	Allemagne	Italie	Singapour	Japon	Grèce	Corée	Finlande
Moyenne des scores des 84 items	46,09%	48,00%	51,48%	45,48%	62,87%	56,36%	38,74%	58,46%	52,53%
Score sur l'échelle internationale de PISA	494	495	514	485	573	536	453	554	519

Annexe 4 : Score des pays en fonction des processus PISA

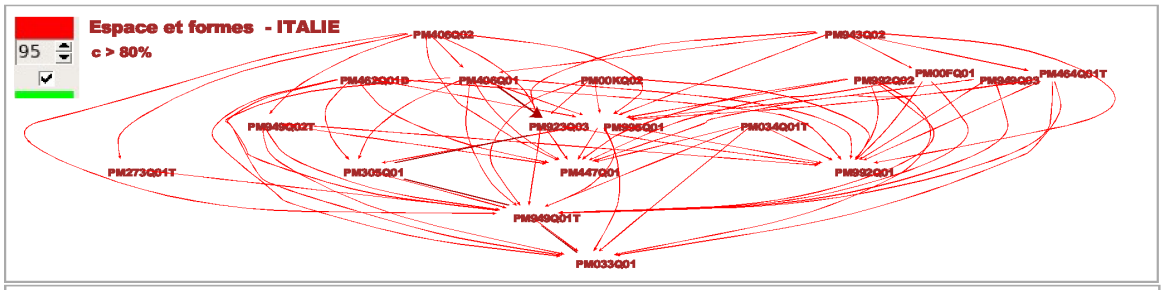
Processus PISA	Nombre	OCDE	France	Allemagne	Italie	Singapour	Japon	Grèce	Corée	Finlande
	84	46,09	48,00	51,48	45,48	62,87	56,36	38,74	58,46	52,53
Formuler	27	33,16	32,59	37,47	31,13	51,79	45,71	25,31	46,55	39,01
Employer	36	48,76	49,35	50,53	49,97	52,67	53,38	51,71	52,79	52,90
Interpréter	21	59,40	63,46	65,02	60,12	71,41	67,89	53,82	68,65	67,59

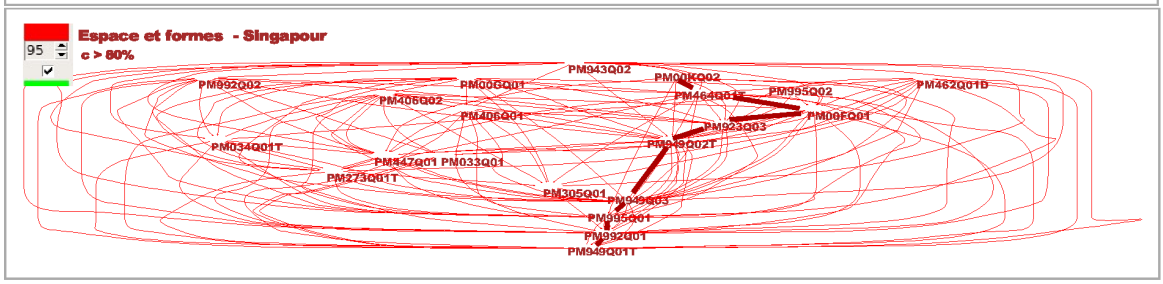
Annexe 5 : Score des pays en fonction des niveaux de complexité

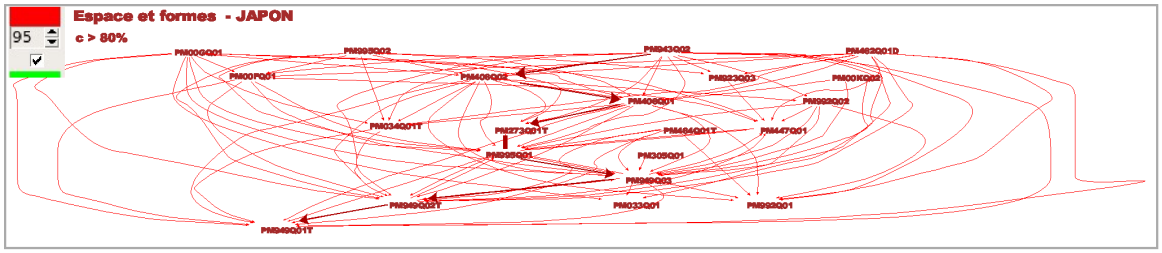
Niveau	Nbre	OCDE	France	Allemagne	Italie	Singapour	Japon	Grèce	Corée	Finlande
A	3	64,39	68,81	67,14	62,84	75,30	70,58	52,92	69,98	62,78
B	29	52,86	55,34	57,01	51,91	66,52	63,18	45,85	64,52	59,30
C	45	42,34	43,82	48,60	41,64	61,14	52,06	35,33	55,08	48,80
D	7	34,34	35,53	40,32	36,09	53,50	49,66	25,12	50,21	44,09

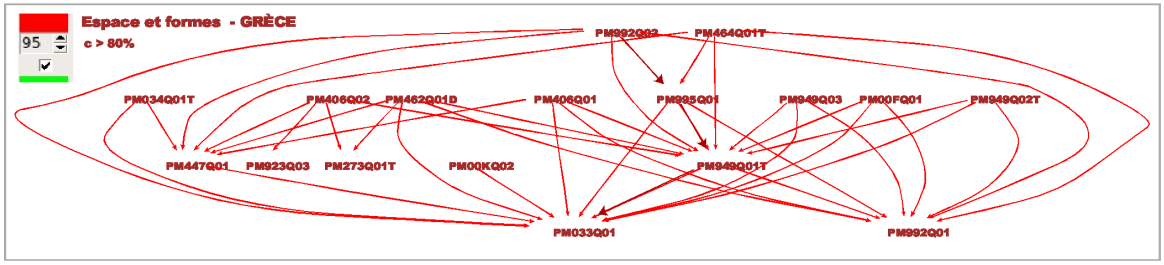
Annexe 6 : Graphes des items « espace et formes »

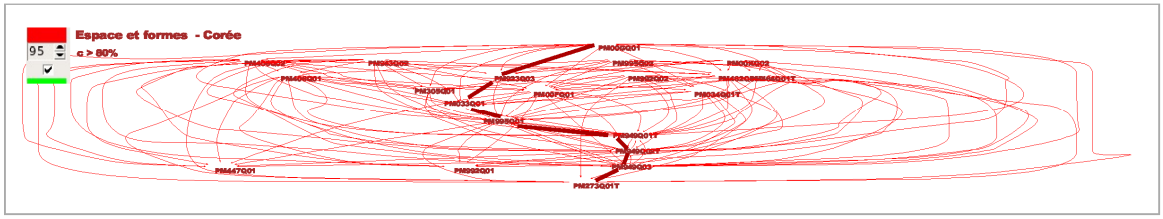
Les graphes des cas français et allemand sont présentés en section 3.4.1, les graphes des cinq autres pays de l'étude sont présentés ci-dessous. Difficilement lisibles tels quels, ces graphes sont parfaitement lisibles sur écran en utilisant le zoom de l'application à 400 ou 500%. Il est alors facile d'y repérer et de comparer des chemins ainsi que d'observer les items sources, puits et pivots.





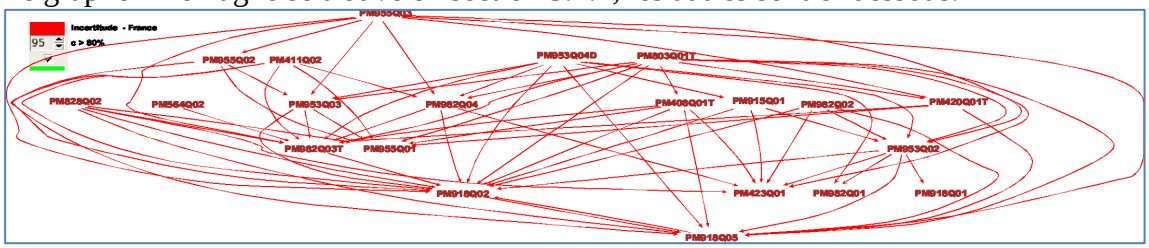


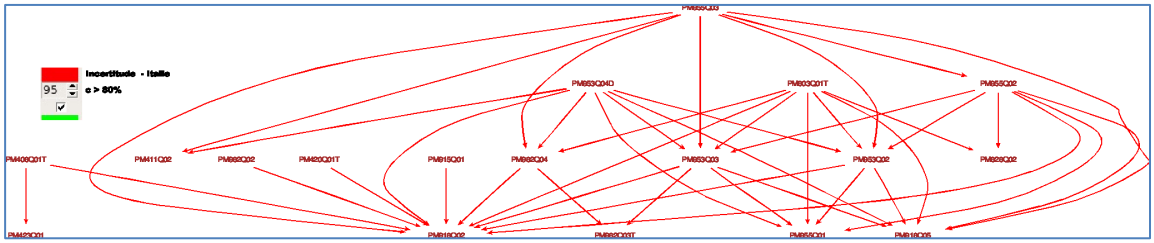


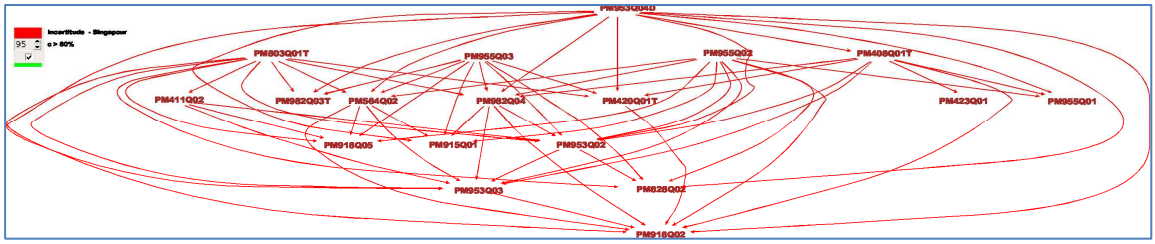


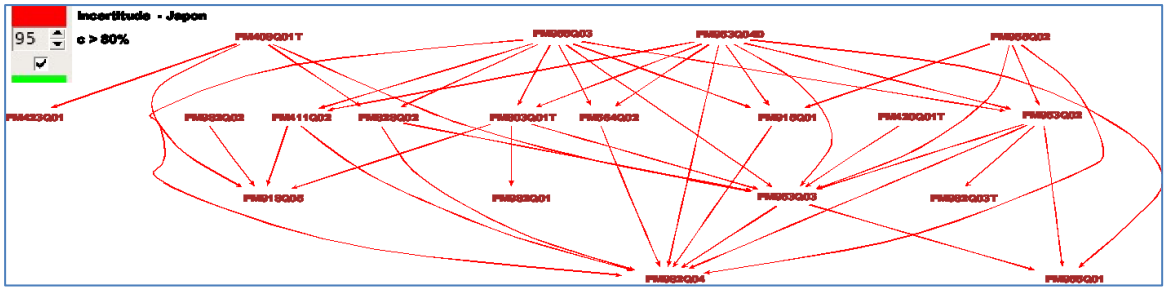
Annexe 7 : Graphes des items « incertitude »

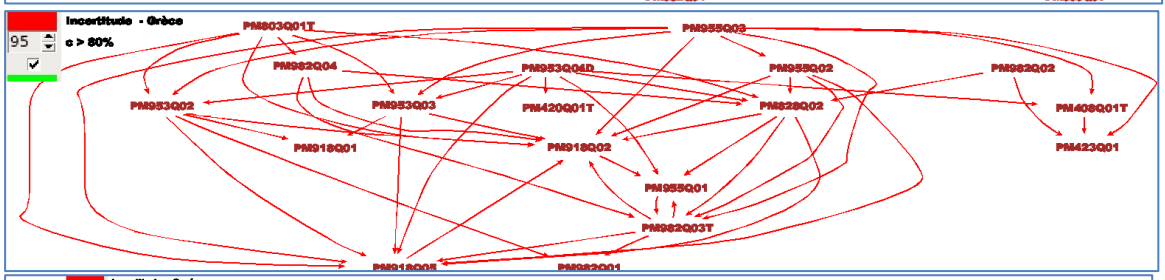
Le graphe Allemagne se trouve en section 3.4.4, les autres sont ci-dessous.

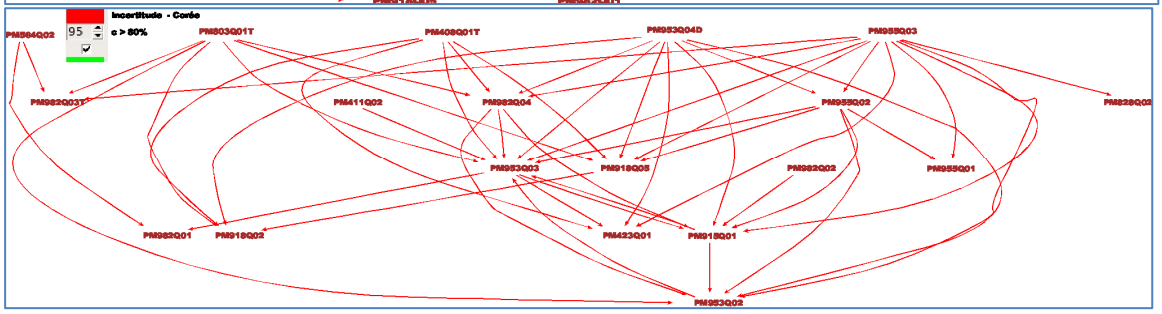






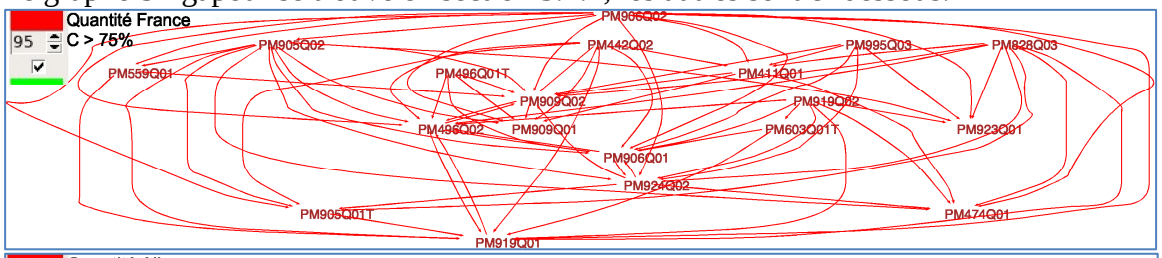


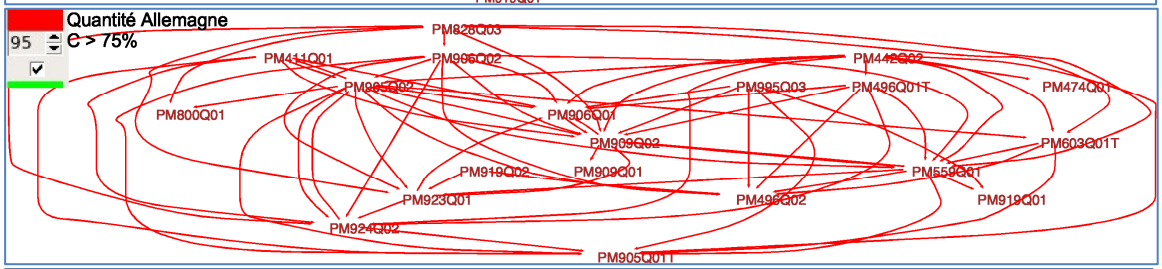


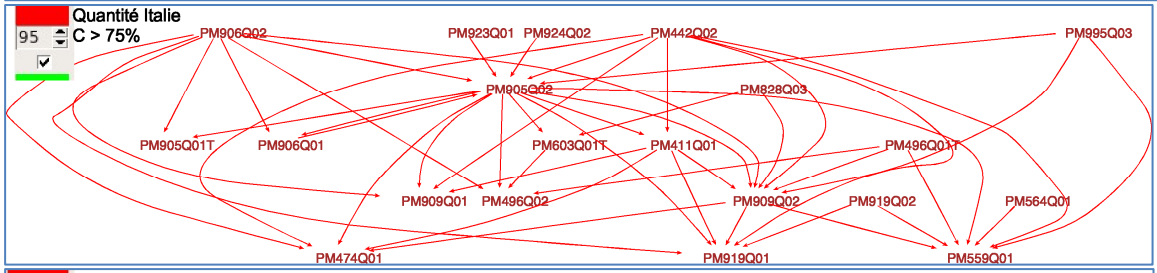


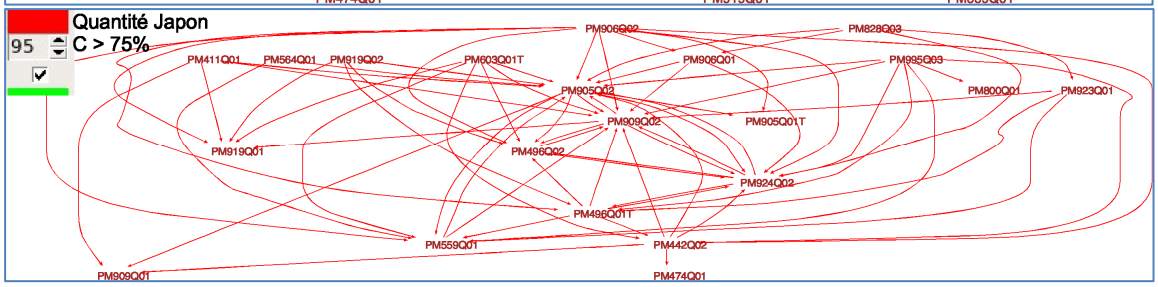
Annexe 8 : Graphes « Quantité »

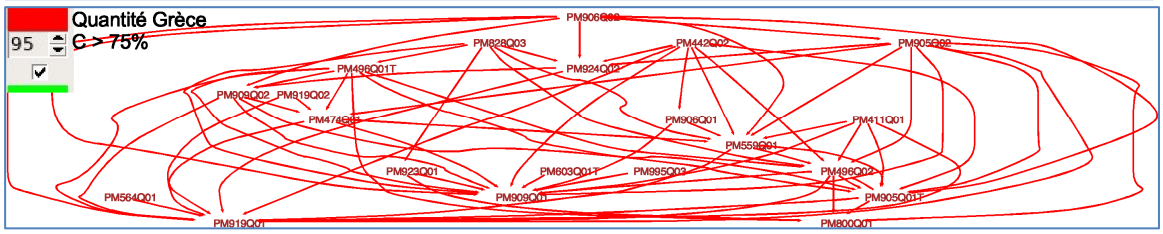
Le graphe Singapour se trouve en section 3.4.4, les autres sont ci-dessous.

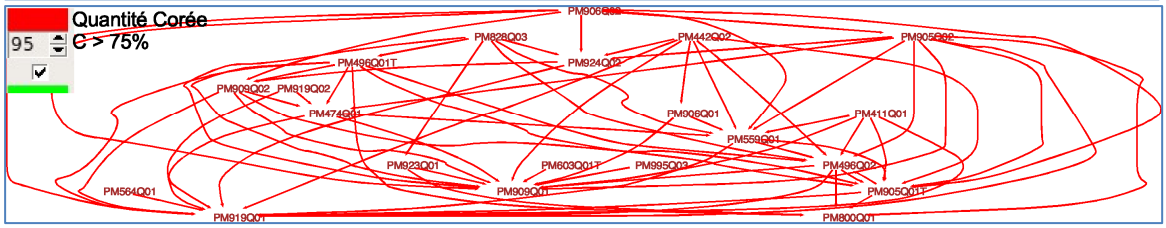






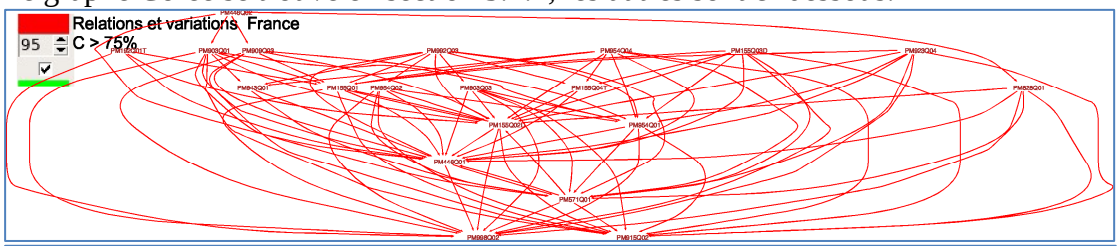


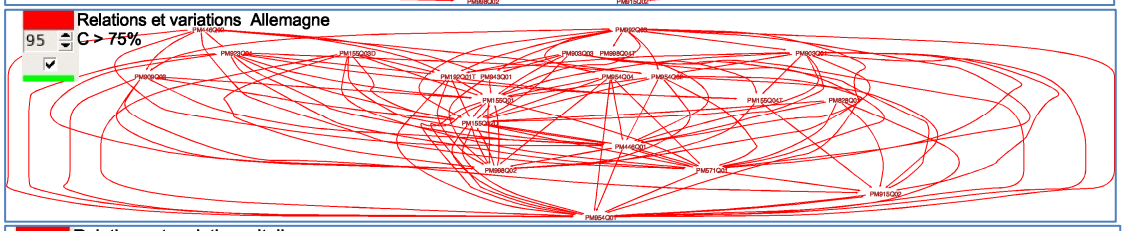


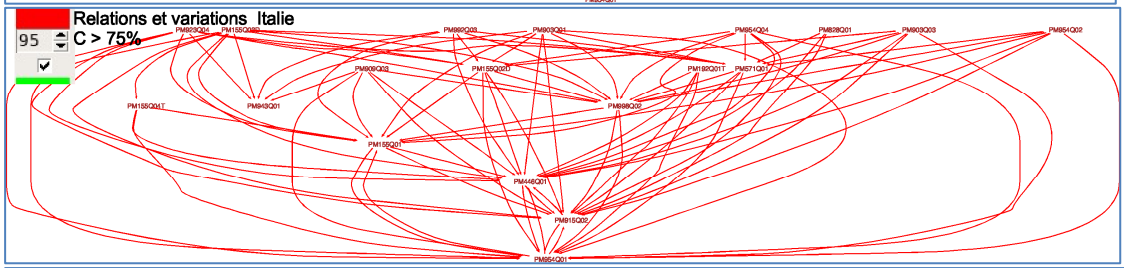


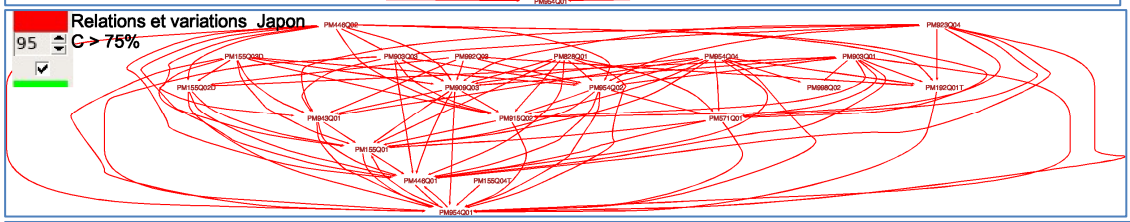
Annexe 9 : Graphes « Relations et variations »

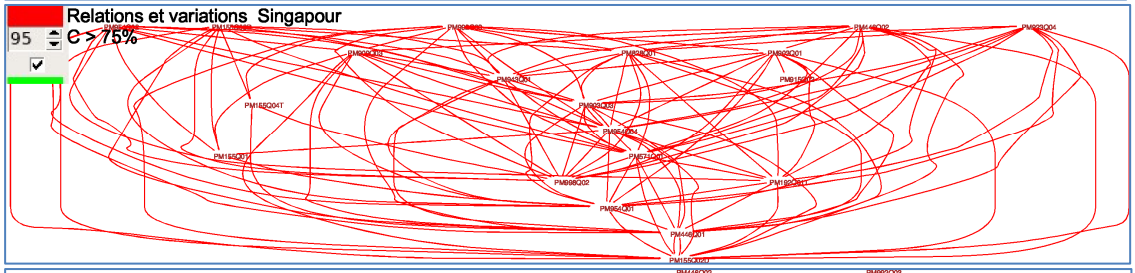
Le graphe Corée se trouve en section 3.4.4, les autres sont ci-dessous.

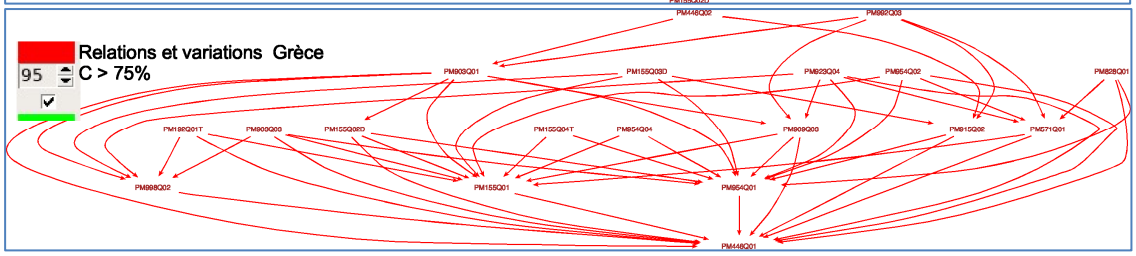




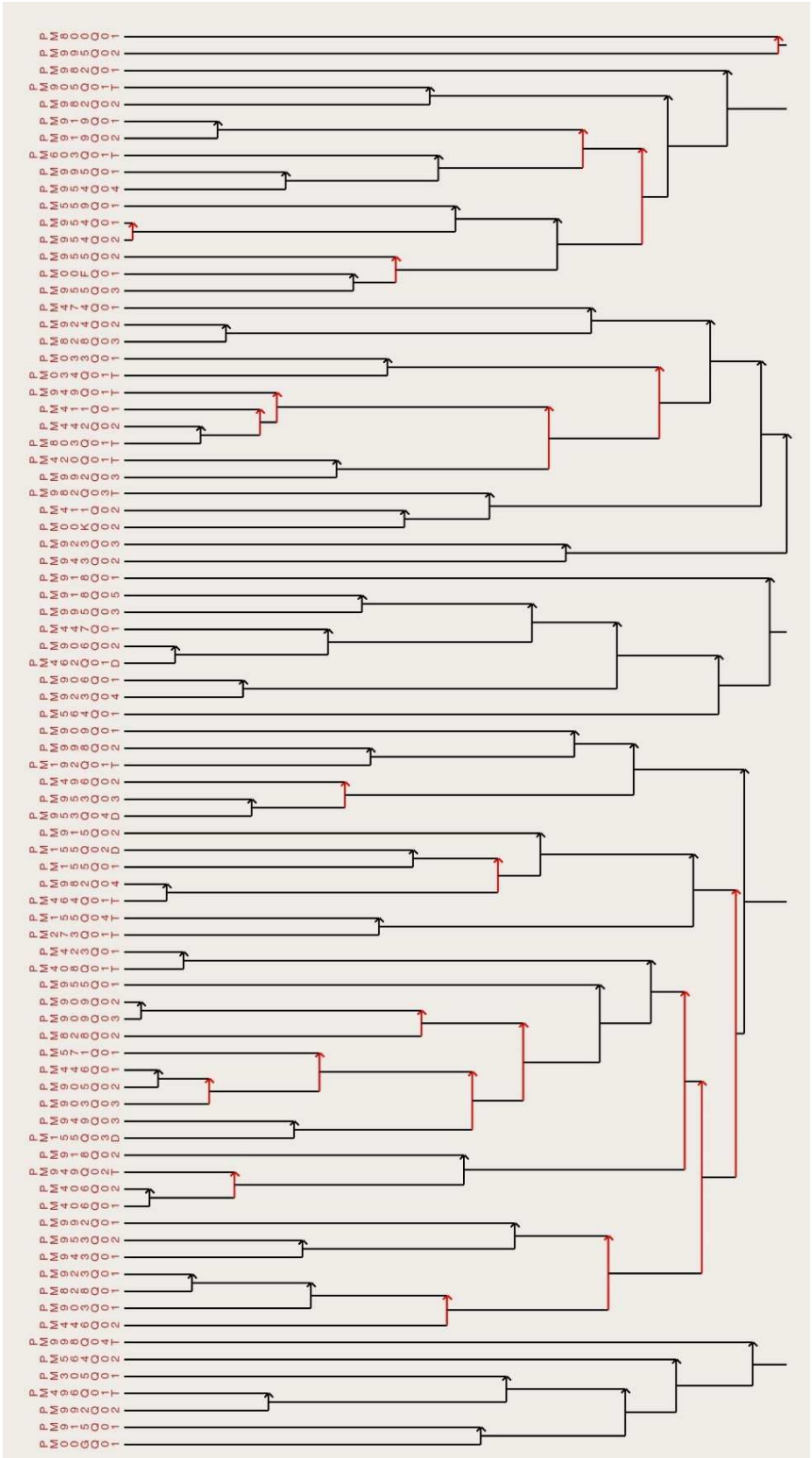




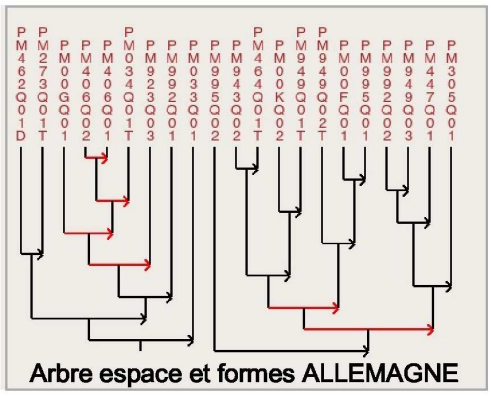


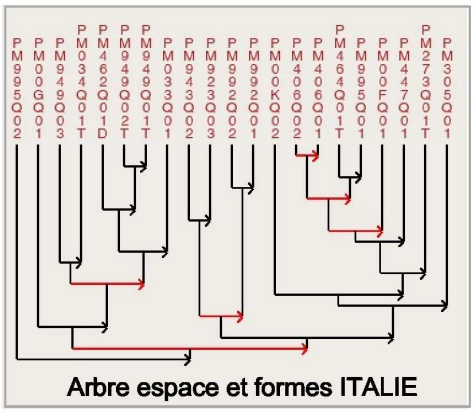


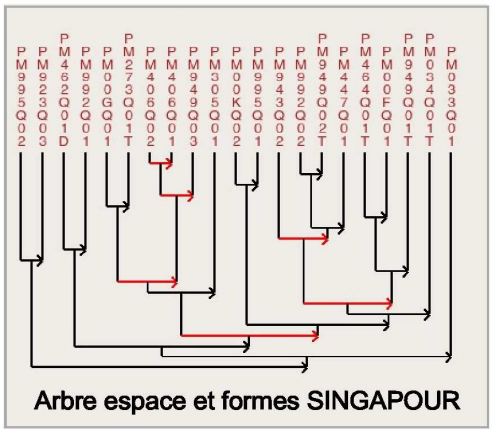
Annexe 10 - Arbre cohésitif des 84 items de PISA Maths 2012 FRANCE

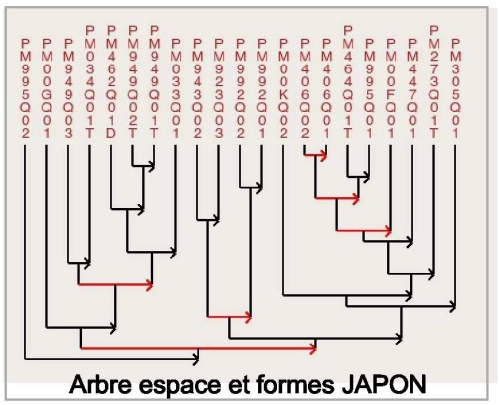


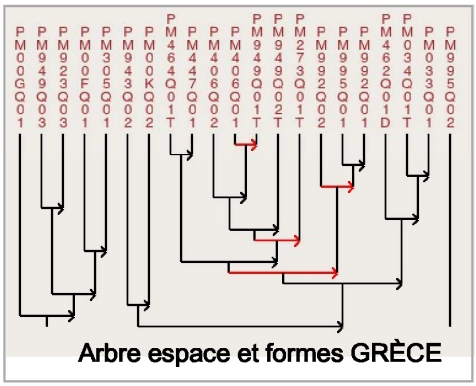
Annexe 11 - Arbres cohésitifs « ESPACE et FORMES » sauf France (voir section 3.6)

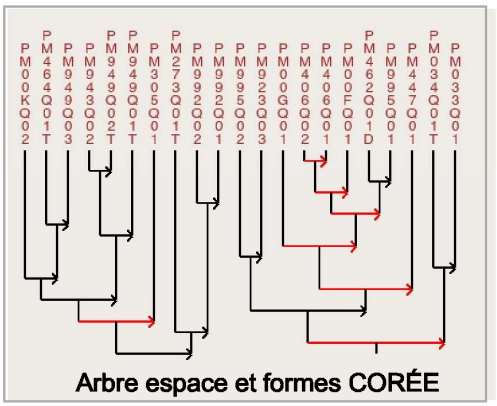












Annexe 12 – étude complémentaire sur chaînes, arbres et densités implicatives

Pour tenter de donner sens à nos indices de densité nous avons repris quelques études que nous avions faites antérieurement. Il s'agit d'études menées dans le cadre de l'Observatoire EVAPM et de l'étude d'un concours d'entrée dans une école d'ingénieurs (Bodin et al, 1996).

Le tableau ci-dessous se réfère à six études différentes. Les trois premières concernent des épreuves d'évaluation composites, c'est-à-dire qui cherchent à évaluer un ensemble de savoirs et de savoir-faire aussi peu coordonnés que possible. Dans ce cas, la faiblesse de la densité implicative est plutôt signe de qualité. Les trois autres concernent des épreuves centrées sur un thème et qui, dans un sens large, cherchent , chacune, à évaluer une compétence particulière. Dans ce cas, c'est plutôt une densité implicative importante qui serait un critère de qualité.

Nom de l'épreuve	Année	Type d'épreuve	Effectif	Nombre d'items
ESIEE	1991	Concours d'entrée Épreuve composite	1820	24
EVAPM T23	1999	Épreuve type baccalauréat Épreuve composite Terminale S	399	57
EVAPM T24	1999	Épreuve en QCM - composite Terminale S	906	35
EVAPM 6C	2008	Épreuve à thème : grandeurs	377	37
EVAPM T01	1999	Épreuve à thème : Géométrie Terminale scientifique	466	26
EVAPM T13	1999	Épreuve à thème : Algèbre Terminale scientifique	639	48

Nom de l'épreuve	Longueur de la chaîne la plus longue	Nombre de branches de l'arbre cohésitif	Densité implicative > .95	Densité implicative >.95 et Confiance > 75%
ESIEE	1	4	0,326	0,036
EVAPM T23	8	10	0,313	0,043
EVAPM T24	5	6	0,346	0,069
EVAPM 6C	6	3	0,701	0,198
EVAPM T01	9	5	0,483	0,224
EVAPM T13	10	9	0,409	0,336

On voit qu'en effet les valeurs trouvées pour les indices confirment cette idée. Les valeurs trouvées pour l'indice de densité implicative sont plus importantes pour les épreuves à thème que pour les épreuves composites ; elles restent cependant assez importantes dans les deux cas, ce qui ne serait pas le cas pour, par exemple un questionnaire d'opinion. Cela confirme simplement le fait que les élèves qui réussissent les items les plus difficiles ont aussi tendance à réussir des items plus faciles. Plus intéressant est le fait que la densité implication reste assez importante dans le cas des épreuves à thème, comme cela est le cas pour PISA, alors qu'il chute considérablement pour les épreuves composites.

Annexe 13 – Complément sur la taxonomie Gras- Bodin de la complexité cognitive

Spécialement construite pour les mathématiques, cette taxonomie s'inspire de la taxonomie de Régis Gras [2] que nous avons utilisée pendant 20 ans sur des milliers d'énoncés, mais elle prend aussi en compte les travaux d'Aline Robert [3] et ceux du programme PISA de l'OCDE.
Enfin elle prend en compte la révision de la taxonomie de Bloom proposée en 2001 Par L.W. Anderson et D.R. Krathwool. La taxonomie de Van Hiele a aussi été prise en compte, en particulier en ce qui concerne la place de l'analyse. Spécifique de la géométrie, cette taxonomie ne pouvait cependant pas être utilisée telle quelle dans une taxonomie qui se veut générale.
La taxonomie est hiérarchisée : chaque niveau suppose la mobilisation des niveaux précédents
Les catégories analyse et synthèse ne figurent pas dans cette classification. Elles sont sous-entendues ou transversales. En effet, l'analyse est présente dès le niveau A. La reconnaissance n'est pas la divination : elle suppose une analyse plus ou moins approfondie de la situation.
De même la synthèse peut être présente dès qu'il s'agit de rassembler des éléments ou de résumer une situation (i.e. identifier et rassembler les hypothèses d'un problème : on est encore au niveau B) La complexité d'une procédure ou d'une argumentation est repérée par la complexité d'un l'organigramme la représentant (déductogramme dans le cas d'une démonstration). Des exemples sont donnés dans [1].

Attention : la taxonomie est adaptée au classement des énoncés mathématiques et particulièrement des exercices et problèmes (mais l'étude d'un texte mathématique peut aussi l'utiliser). En revanche, elle n'est pas adaptée à l'analyse des productions, telles que les travaux d'élèves. Pour cela, il faut envisager d'autres outils tels que la taxonomie SOLO (Structures of the Observed Learning Outcomes).[4]

Présentation simplifiée de la taxonomie

	Catégorie générale		Sous catégorie
A	Connaissance et reconnaissance	A1	Des faits
		A2	Du vocabulaire
		A3	Des outils
		A4	Des procédures
B	Compréhension	B1	Des faits
		B2	Du vocabulaire
		B3	Des outils
		B4	Des procédures
		B5	Des relations
		B6	Des situations
C	Application	C1	Dans des situations familières simples
		C2	Dans des situations familières moyennement complexes
		C3	Dans des situations familières complexes
D	Creativité	D1	Utiliser dans une situation nouvelle des outils et des procédures connus
		D2	Émission d'idées nouvelles
		D3	Création d'outils et de démarches personnelles
E	Jugement	E1	Production de jugements relatifs à des production externes
		E2	Auto-évaluation

Références :

[1] Bodin, A : 2003, Comment classer les questions de mathématiques ? Communication au colloque international du Kangourou, Paris 7 novembre 2003.

[2] Gras R. : (1979), *Contributions à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs didactiques en mathématiques* - Thèse-université de Rennes.

[3] Robert A (2003) Tâches mathématiques et activités des élèves : une discussion sur le jeu des adaptations introduites au démarrage des exercices cherchés en classe de collège. *Petit x* N°62

[4] Biggs, J. B.; Collis, K. F : (1982) : *Evaluating the Quality of Learning: The Solo Taxonomy: Structure of the Observed Learning Outcome*. Academic Press

Taxonomie pour les énoncés de mathématiques - Classement par niveaux hiérarchisés de complexité cognitive

Antoine Bodin & Régis Gras

	Catégorie générale		Sous catégorie	Champ d'application	Types de demandes	Commentaires
A	Connaissance et reconnaissance	A1	Des faits	Définitions – Propriétés -Théorèmes Règles de décision et d'inférence. Application directe	Énoncer Identifier - Classer – Déduire Exécuter – Effectuer des algorithmes.	Ce niveau ne met pas nécessairement en jeu la compréhension. Il s'agit de savoir dire, d'identifier, de reconnaître, d'appliquer "automatiquement". Les savoirs correspondant peuvent facilement être implémentés en machine. Tous les automatismes sont à ce niveau.
		A2	Du vocabulaire			
		A3	Des outils			
		A4	Des procédures			
B	Compréhension	B1	Des faits	Production d'exemples et de contre exemples. Analyse en compréhension de textes mathématiques et en particulier de raisonnements et de démonstrations.	Expliquer – justifier - "Expliquer comment ça marche" Interpréter - Changer de langage – Transposer - Redire avec ses propres mots - Résumer Justifier un argument – Déduire. Analyser un énoncé, une situation. Associer - Mettre en relation... – Anticiper.	Ce niveau suppose analyse et réflexion. Ici, on montre que que l'on sait quand faire et quoi faire et que l'on on sait comment et pourquoi ça marche. On sait expliquer, interpréter, mettre en relation. Une démonstration ou l'application d'une procédure constituée d'un seul pas reste à ce niveau.
		B2	Du vocabulaire			
		B3	Des outils			
		B4	Des procédures			
		B5	Des relations			
		B6	Des situations			
C	Application	C1	Dans des situations familières simples	Il s'agit de l'application d'outils et de procédures dans des	Exécuter – Implémenter - Choisir	Ce niveau suppose la compréhension, laquelle suppose analyse et réflexion (sinon on est en A).

		C2	**Dans des situations familières moyennement complexes**	situations supposant analyse et mobilisation de plusieurs éléments (faits vocabulaire, outils, procédures...)	Prendre des initiatives – adapter - Démontrer	Ce niveau peut laisser la mathématisation partiellement ou totalement à la charge de l'élève. Le traitement des situations de ce niveau demandent plus d'un pas de démontration ou d'application de procédures à la charge de l'élève : **C1** : dans un enchainement linéaire. **C2** : dans un enchaînement arborescent dont une seule branche comporte plusieurs pas. **C3** : dans un enchaînement arborescent dont plusieurs branches comportent plusieurs pas.
		C3	**Dans des situations familières complexes**			
D	**Creativité**	**D1**	**Utiliser dans une situation nouvelle des outils et des procédures connus**	En étendant ou modifiant leur champ d'application familier.	Adapter – prolonger – Producrtion de démonstrations personnelles Conjecturer – Généraliser - Modéliser	Ce niveau suppose analyse préalable, expérimentation, accumulation d'indices (il ne s'agit pas de deviner ou de reconnaître (niveau A), mais l'intuition intervient (induction).
		D2	**Émission d'idées nouvelles**	..nouvelles ou personnelles par rapport à la formation reçue et à l'expérience acquise.		
		D3	**Création d'outils et de démarches personnelles**			
E	**Jugement**	**E1**	**Production de jugements relatifs à des production externes**		Évaluer la qualité d'une argumentation	Ce niveau implique des connaissances, suppose la compréhension et la production personnelle.
		E2	**Auto-évaluation**		Analyse métacognitivre	

LE GRAPHE IMPLICATIF EST PLUS QU'UN RÉSULTAT ! RETOUR MÉTHODOLOGIQUE SUR DIX ANNÉES D'UNE RECHERCHE COLLECTIVE

Marc BAILLEUL[1]

THE IMPLICATIVE GRAPH IS MORE THAN A RESULT! METHODOLOGICAL RETURN OVER TEN YEARS OF A COLLECTIVE RESEARCH

RÉSUMÉ

L'objectif de ce texte est de porter un regard rétroactif sur dix années d'une recherche collective dont quelques résultats ont été présentés au cours des derniers colloques ASI. Cette dimension est importante si on considère l'effort important que ce collectif a du faire, sur le plan méthodologique, pour s'approprier des outils certes performants (l'analyse statistique implicative et le logiciel CHIC) mais un peu « effrayants » pour des non-matheux… C'est en travaillant de façon toujours plus « technique » que l'adhésion de l'équipe à l'outil s'est construite au fur et à mesure que les analyses que nous menions ensemble, en faisant évoluer la profondeur de champ du regard porté sur les graphes implicatifs produits, se révélaient de plus en plus porteuses de sens, eu égard aux intuitions que nous avions eues et aux réalités auxquelles nous nous confrontions en tant que formateurs d'enseignants.

Mots-clés : *graphe implicatif, épistémologie.*

ABSTRACT

The purpose of this text is to take a retrospective look at ten years of collective research, some results of which have been presented during the last ASI conferences. This dimension is important if we consider the important effort that this group had to make, on the methodological level, to appropriate tools certainly effective (the implicative statistical analysis and the software CHIC) but a little "scary" for non-mathematical ... It is by working more and more "technically" that the team's commitment to the tool was built as the analyzes we were conducting together, by changing the depth From the field of view of the implicit graphs produced, they proved more and more meaningful, given the intuitions we had and the realities we faced as teacher educators.

Mots-clés : *implicative graph, epistemology.*

1 CIRNEF, Université de Caen Normandie, bailleul.marc@neuf.fr

1 Le début de l'histoire… (2007)

Il était une fois, au début du 21ème siècle[2], dans deux IUFM voisins[3], quelques enseignants-chercheurs-formateurs qui se sont trouvés confrontés à une mise en demeure institutionnelle : « caler » les formations dispensées sur un référentiel réélaboré du métier d'enseignant. Ils virent-là l'occasion, dans une préoccupation simultanément évaluative et prospective, de « faire un point » sur les attendus de la formation en mettant en œuvre une recherche sur les représentations du métier d'enseignants chez les formés. Dans la mesure où l'auteur de ce texte, par ailleurs matheux, faisait partie de ce groupe, le choix méthodologique pour enquêter sur ce thème a été celui du questionnaire pour atteindre, autant que faire se peut, des effectifs importants de répondants.

L'objectif était de comprendre comment les professeurs-stagiaires des IUFM de Caen et Rouen, appréhendaient leur évolution professionnelle via un questionnaire sur leurs perceptions de compétences associées au métier de professeur des écoles et sur leurs perceptions de compétences construites durant leur formation initiale. Nous considérions que les répondants peuvent manifester à partir du vécu de leur parcours de travail et de formation, la proximité ou la distance qu'ils ont construite vis-à-vis d'une formation mise en place en fonction d'un cadrage national qui vise leur professionnalisation. Notre hypothèse était qu'il y aurait une tension entre le projet de l'institution Éducation nationale et les vécus des stagiaires en formation et au travail, confrontés aux classes, aux discours de leurs pairs, à ceux des professeurs et des tuteurs qui les encadrent dans les écoles.

Le questionnaire comportait 28 items à propos desquels les répondants devaient exprimer un degré d'adhésion sur une échelle de Likert à six cases (Bailleul, Bodergat, Thémines, 2010) selon plusieurs ponts de vue : l'importance qu'ils accordent *a priori* à cet item, sa « faisabilité » et son degré d'acquisition dans la pratique. Dans ce texte, nous aborderons uniquement le point de vue « Important », révélateur d'une vision projetée, voire idéalisée, du métier.

En juin 2007, nous avons mené une première enquête auprès des 574 étudiants inscrits en deuxième année de formation et avons obtenu 495 réponses exploitables (86,2%).

L'analyse statistique implicative menée sur ces données a permis, via le logiciel CHIC, de mettre en évidence l'existence de deux structures organisant les représentations. Nous les avons désignées par les expressions suivantes : « le réseau de l'adhésion » regroupant des items tous choisis en position 5-6 et « le réseau du rejet » dont les items ont tous été choisis en position 1-2 (Bailleul, Bodergat, 2012).

Voici ce premier graphe implicatif.

2 Fin 2006 très précisément

3 Caen et Rouen, à présent réunis au sein de la Normandie réunifiée, et bientôt fondus dans une même institution de formation.

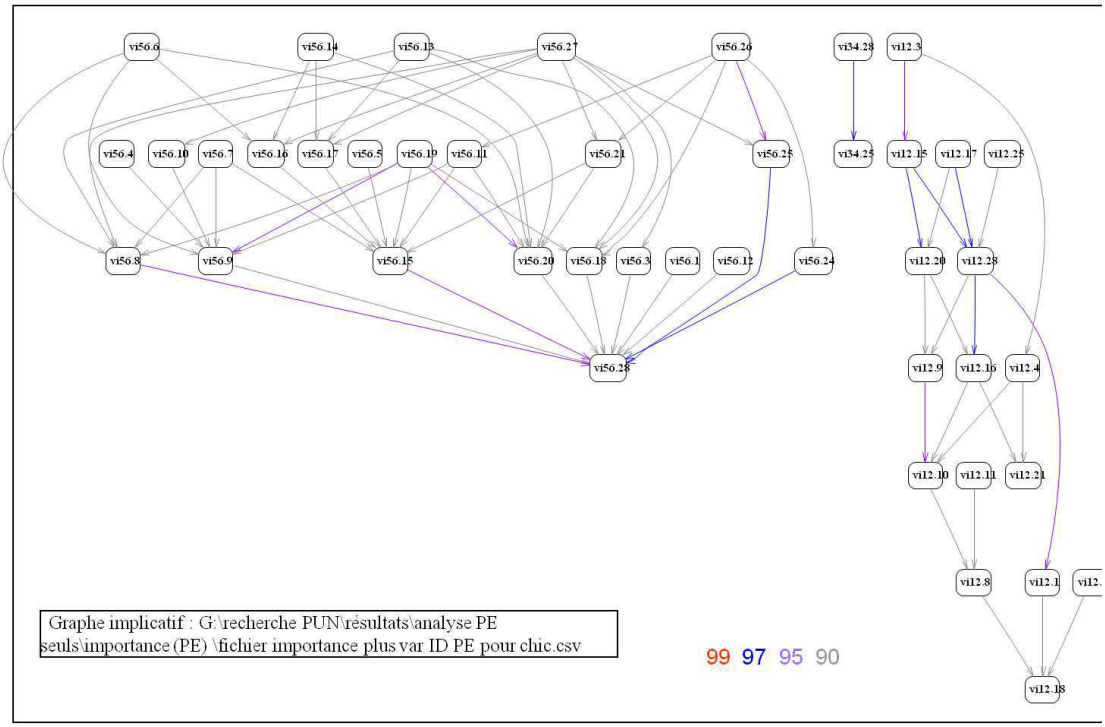


Figure 1 – 2007. Le point de vue « Important », les deux réseaux du graphe implicatif, seuil .90

Ce graphe est un résultat en soi, au demeurant déjà fort intéressant. Doit-on s'en contenter ? Comment aller au-delà ? Ou à côté ? Ou derrière ? Ou à « l'intérieur » ?

C'est ici que nous sommes confrontés à des questions méthodologiques de toute première importance :

- comment « interroger » ce graphe ?
- quels outils du cadre théorique de l'Analyse Statistique Implicative pouvons-nous mobiliser pour essayer de satisfaire notre curiosité ?
- quelles fonctionnalités de CHIC appliquer en conséquence ?

2 Le graphe implicatif, un support pour la recherche

Nous allons exposer maintenant comment nous avons exploité l'organisation des graphes implicatifs et son exploration sémantique.

2.1 Aller chercher « derrière » le graphe

Comme nous l'avons vu plus haut, le graphe lui-même, de par son apparence, peut donner directement des informations : deux réseaux disjoints par exemple. Ici, leur interprétation est facile mais comment expliquer leur existence ? Si l'adhésion au projet institutionnel de formation peut sembler aller de soi concernant les formés, alors pourquoi un réseau du rejet ? C'est l'utilisation des **variables supplémentaires**, et plus spécifiquement la typicalité de celles-ci par rapport aux chemins du réseau étudié, qui nous a permis de montrer en quoi le lieu de stage, lieu de confrontation à la pratique, était particulièrement prégnant dans l'élaboration chez les formés de leur représentation du métier (Bailleul, 2010). L'étude d'une autre de ces variables supplémentaires nous a permis de mettre en évidence des « effets-centres » remarquables, ce qui interroge les modalités de la mise en œuvre réelle des plans de formation au sein d'une institution

unique ayant plusieurs centres délocalisés puisque derrière ces « effets-centres », on peut deviner des « effets-formateurs »...

2.2 Aller chercher « à l'intérieur » du graphe

Au vu du graphe ci-dessus, une collègue extérieure au groupe émit une remarque qui nous obligea à nous décentrer du « résultat » que nous mettions en avant et qui venait, d'une certaine façon, valider la formation (même si l'objectif de la recherche n'était en aucune façon d'évaluer celle-ci) puisque, malgré la présence du réseau du rejet, qui ne concernait qu'à peine 10 % de la population, le réseau de l'adhésion était largement majoritaire dans la population enquêtée. Elle ne percevait pas la dimension didactique du métier dans le réseau de l'adhésion quand, pour nous, 12 des 28 items du questionnaire relevaient de ce champ !

Nous avons donc « projeté » cet ensemble d'items sur le graphe, en cherchant à les regrouper autant que faire se peut et, après réorganisation du graphe à l'aide de CHIC, nous obtenons le graphe ci-dessous dans lequel on peut clairement voir deux sous-réseaux l'un à caractère explicitement didactique, le deuxième à caractère « psycho-socio-pédagogique ». (Ouitre, Thémines, 2019)

La démarche que nous avons suivie ici a consisté à prendre le **graphe comme support au sens de surface d'appui**[4] sur lequel nous avons appliqué une « grille » construite a priori (la liste des items du domaine didactique). Il s'est avéré que le « résultat » ainsi généré avait du sens.

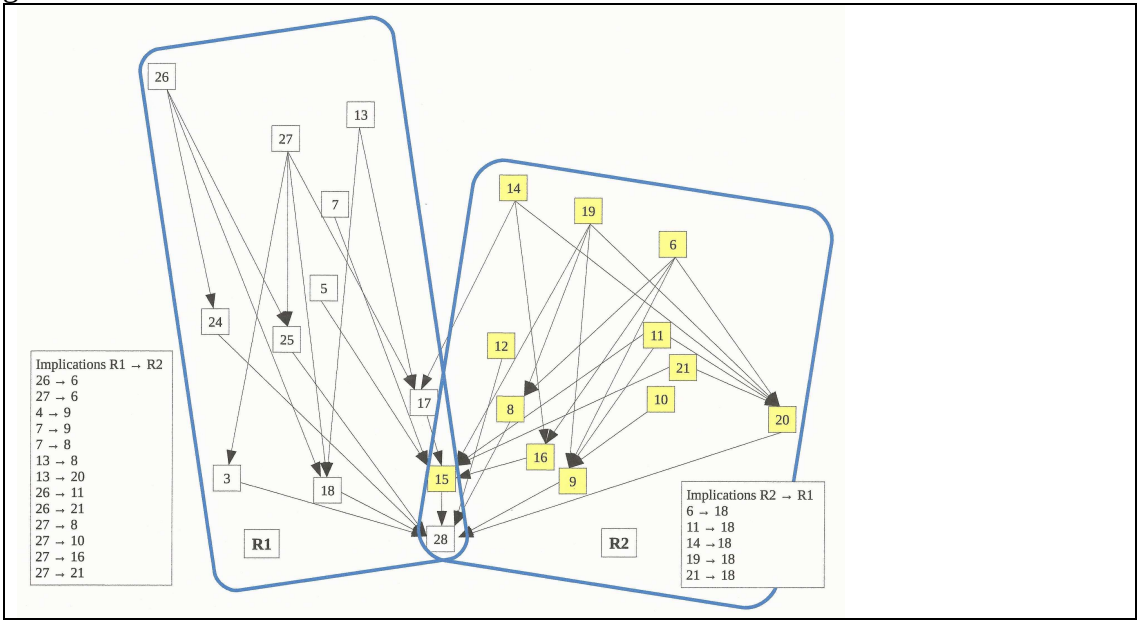


Figure 2 – 2007. Graphe implicatif construit à partir des données du point de vue « Important », le réseau de l'adhésion réorganisé

2.3 Essai de modélisation du statut du graphe

Nous nous inspirons ici d'un texte écrit avec Laurence Leroyer sur la genèse, dans nos écrits respectifs, de la notion de « support d'enseignement/apprentissage » (Bailleul, Leroyer, 2019).

4 Nous pouvons faire ici le parallèle avec l'utilisation qui est faite du mot « support » dans le contexte artistique (peinture, photographie entre autres).

Prenant appui sur une modélisation des postures potentielles de formateur proposée par Bailleul et Thémines (2013), Leroyer et Georget (2017) postulent que les supports de formation élaborés par des formateurs et utilisés par eux pendant les sessions de formation, cristallisent et matérialisent leurs postures, consciemment ou non. Ils transfèrent alors aux supports les qualificatifs des quatre types de postures de formateur. Un support de formation sera donc caractérisé par quatre dimensions : épistémologique, technique, relationnelle et didactique.

La dimension épistémologique du support renvoie explicitement au(x) savoir(s) portés ou visés à travers ce support, la dimension technique touche au mode d'appropriation du support (médium papier ou numérique, mode d'emploi ou non, etc.). Selon que le support génère on non des actions et/ou des élaborations, sa dimension didactique sera plus ou moins importante quand sa dimension relationnelle met en jeu ou non des interactions avec autrui, formés ou formateurs.

Nous pensons que le graphe implicatif, en tant qu'objet, au sens de Douady (1986), peut, de plus, être considéré comme un **support pour la recherche**, au double sens du **support sur lequel on s'appuie** pour avancer tel ou tel élément ou interprétation au service d'une argumentation mais aussi comme **« supporteur »** (au sens sportif du terme) qui pousse, qui dynamise l'avancée de la recherche.

Si on se réfère au paragraphe précédent, les quatre dimensions du support qui y sont présentées sont bel et bien présentes dans le début de l'histoire que nous avons présentée dans la partie 1. Il est facile de percevoir le graphe implicatif dans ses dimensions épistémologique (mobilisation des savoirs académiques liés à l'analyse statistique implicative, production de savoirs liés à la représentation du métier de professeurs des écoles et effets de certaines variables supplémentaires) et technique (utilisation du logiciel CHIC et de ses différentes fonctionnalités). Les dimensions didactique et relationnelle sont peut-être un peu plus « cachées » et pourtant elles existent. Les savoirs produits à partir des graphes ne sont pas apparus tout seuls : ils ont nécessité élaboration intellectuelle (mise en relation d'interprétations possibles des chemins du graphe avec des réalités de terrain observées par les uns et les autres, formateurs chercheurs, au cours de nos différentes visites d'enseignants débutants en classe) et actions d'explicitation du mode de lecture d'un graphe implicatif, des chemins du graphe, de production de données complémentaires du graphe (graphe réorganisé, tableaux Excel des typicalités des variables supplémentaires). Cette dimension didactique s'est déployée concomitamment à la dimension relationnelle : les graphes produits dès le début de la recherche ont suscité simultanément chez les enseignants-chercheurs impliqués dans cette recherche crainte et curiosité. Les objets produits étaient d'emblée complexes et ce sont de nombreuses et intenses séances de travail collectif, menées par le chercheur maîtrisant l'ASI et CHIC qui ont permis à chacun de « rentrer dans les graphes », via des manipulations en direct, des mises à disposition de documents intermédiaires et de très nombreuses questions-réponses.

3 Reprenons le fil de l'histoire… Les réformes se succédèrent (2012, 2015)

La dimension historique fournit un cadre d'intelligibilité de la structure des graphes implicatifs.

3.1 Des contextes politiques fluctuants qui déstabilisent

2012, première promotion issue de la réforme dite « de la mastérisation »

Lancée en 2008 et adoptée en conseil des ministres en juillet 2010, la réforme de la formation des enseignants a connu une mise en œuvre controversée. L'objectif affiché est « d'améliorer la qualification des personnels, en vue de renforcer la réussite des élèves et de faciliter la mobilité au sein de l'Union européenne »[5]. Le niveau de recrutement s'est élevé de bac+3 à bac+5, mais la pratique professionnelle des jeunes enseignants, dans des stages en responsabilité, est reportée à leur première affectation post master.

La place du concours de recrutement (CRPE) a été modifiée. Les étudiants passent les épreuves écrites du concours en début de deuxième année de master. Les épreuves orales d'admission interviennent, pour les étudiants admissibles, à la fin de la deuxième année. Les étudiants doivent donc au fil de ces deux années se former à l'exercice d'un métier complexe, décrocher leur master, ce qui nécessite la production d'un mémoire, tout en préparant le concours.

Notre hypothèse principale était que nous allions assister à une modification sensible des réponses d'étudiants concernant leurs perceptions de compétences construites durant leur formation initiale. En effet, l'alternance formation-travail qui était au cœur de la seconde année de formation ne l'est plus en 2012 : la préparation du concours y a pris une place importante et l'exercice du métier en pleine responsabilité est reportée après la formation initiale.

Notre hypothèse de modification des représentations du métier s'est amplement vérifiée, plus encore que nous ne l'imaginions.

Voici le graphe implicatif issu des données recueillies en 2012, pour le point de vue « Important ».

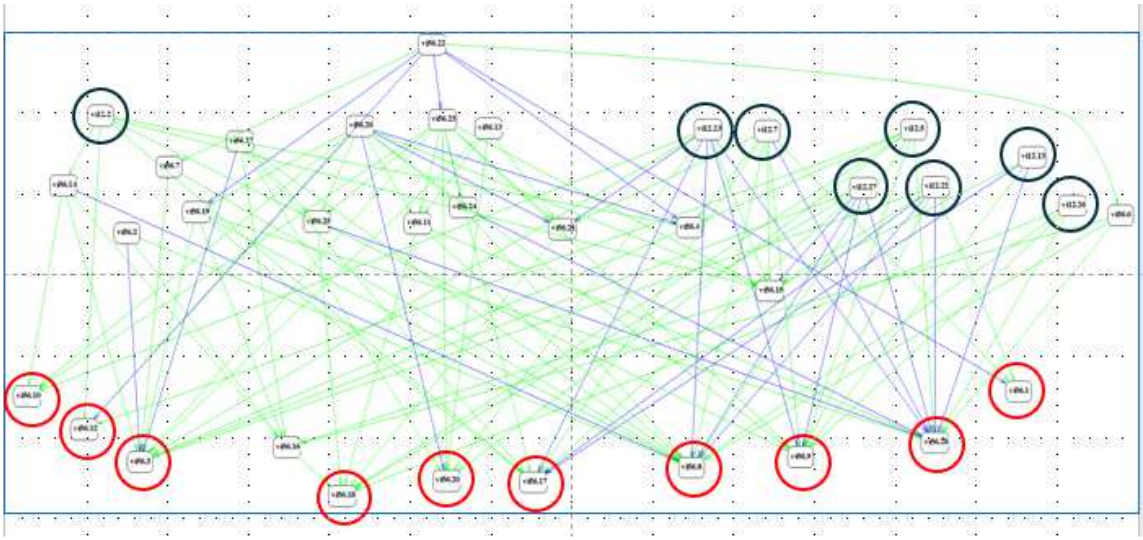


Figure 3 – 2012. Le point de vue « Important », seuil .90 Items entourés en traits pleins : puits de chemins implicatifs ou de simples implications, Items entourés en traits pointillés : items choisis en désaccord avec leur énoncé (position 1 ou 2 dans l'échelle de choix proposée).

5 Circulaire n° 2009-1037 du 23-12-2009

Il faut bien parler ici d'une perception pour le moins éclatée[6] de la professionnalité « idéalisée » du métier d'enseignant qu'est censée révéler ce point de vue. Peut-on voir alors un effet d'une « formation confettis », expression empruntée à un témoignage de formateur de l'IUFM de Versailles (Dorison, 2018), que le cadrage de la première mastérisation aurait produit ?

2015, première promotion issue de la création des ESPE et après une nouvelle réforme visant un rééquilibrage de la formation

La formation des enseignants est à nouveau réorganisée par la Loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République du 8 juillet 2013. Celle loi établit :

- la suppression des IUFM et la création des Écoles Supérieures du Professorat et de l'Éducation (ESPE) ;
- un nouveau cadrage pour les Masters Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation (MEEF) ;
- le positionnement du nouveau concours de recrutement des enseignants pendant le deuxième semestre du cursus de master.

La nouvelle réforme redonne de l'importance aux stages, et notamment au stage de formation en alternance de la deuxième année, qui doit conférer *a minima* 20 crédits sur les 60 crédits validés en deuxième année de master, comme indiqué dans l'Arrêté du 27 août 2013 fixant le cadre national des formations dispensées au sein des masters « métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation ». Ce même texte stipule la nécessaire articulation des stages avec le mémoire : l'évaluation de la période d'alternance porte sur le mémoire de master, la soutenance de ce mémoire et l'activité du stagiaire en situation professionnelle[7]. Il précise que les stages donnent lieu à un temps de préparation, une phase d'accompagnement par le ou les tuteurs et une phase d'exploitation et d'analyse réflexive, dans le cadre d'un tutorat assuré conjointement par un personnel d'une école et un personnel désigné par l'ESPE[8]. Le nouveau concours de recrutement se déroule en fin de 1ère année de master MEEF. Les lauréats obtiennent le statut de fonctionnaire stagiaire et exercent à mi-temps au cours de leur 2nde année de master.

Notre hypothèse principale était que ce nouveau cadrage, parce qu'il réintroduit les principes d'une alternance intégrative formation-travail en deuxième année de formation, amène à constater chez les étudiants interrogés en fin de deuxième année de master :

- des représentations du métier plus cohérentes qu'en 2012, parce que construites dans un environnement favorisant l'articulation entre centre de formation universitaire et lieu d'exercice du métier et l'exercice d'une réflexivité sur les pratiques d'enseignement co-construite avec des tuteurs des deux institutions, l'Université et l'Éducation nationale ;
- des conflits de représentations entre professionnalité projetée et professionnalité en construction, conflits liés à la charge de cours à assurer pour des fonctionnaires-stagiaires qui ont désormais un service à mi-temps dans les écoles.

6 Aucun réseau différencié n'apparaît : 10 puits et des points de vue de rejet et d'adhésion reliés par des chemins significatifs !

7 Article 20 de l'Arrêté du 27 août 2013 fixant le cadre national des formations dispensées au sein des masters « Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation ». JORF n°0200 du 29 août 2013 page 14627. Texte n° 48

8 Articles 11 et 15 du même arrêté.

En somme, nous attendions un état médian entre l'image cohérente du métier construite en 2007 et l'image très brouillée construite en 2012.

Il n'en fut rien comme le montre le graphe implicatif ci-dessous !

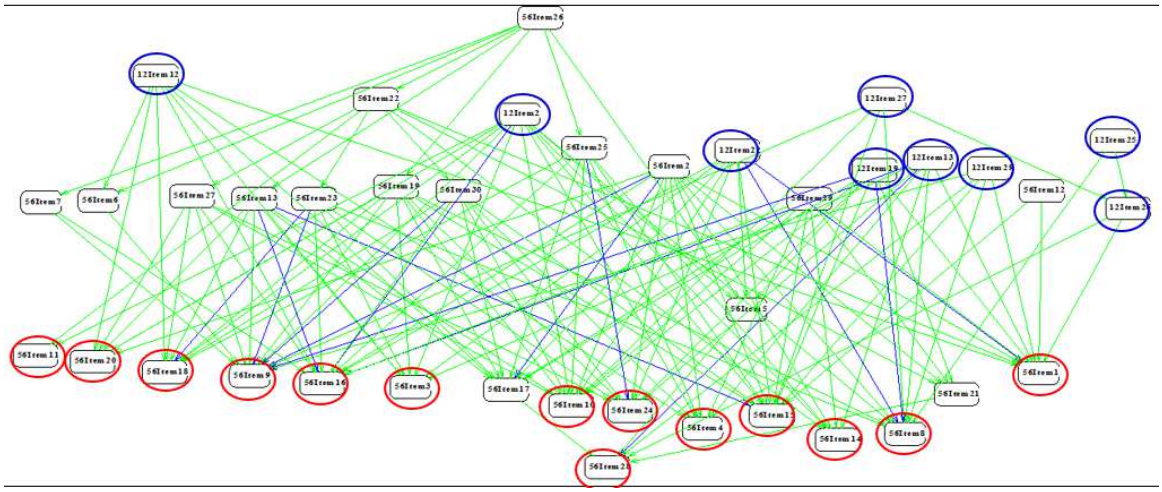


Figure 4 – 2015. Le point de vue « Important », seuil .90 Items entourés en traits pleins : puits de chemins implicatifs ou de simples implications, Items entourés en traits pointillés : items choisis en désaccord avec leur énoncé (position 1 ou 2 dans l'échelle de choix proposée).

Nous obtenons un graphe non structuré avec 13 puits et à nouveau des avis négatifs et positifs sur plusieurs items présents simultanément dans le graphe. L'effet de rééquilibrage escompté n'a pas eu lieu !

3.2 De nouvelles explorations « à l'intérieur » des graphes

Pour « faire parler » ces deux graphes implicatifs non structurés, on peut, comme nous l'avons fait pour celui de 2007, faire *a priori* des sélections d'items, ce que nous avons qualifié plus haut par l'expression « appliquer une grille de lecture ». Nous avons procédé ainsi pour les différents domaines que nous avions choisi d'étudier, pour des raisons de stratégie de formation et de prise en compte des demandes institutionnelles : le domaine didactique, la dimension collective du métier et la place de la recherche dans la formation.

Examinons ce qu'il en est pour le domaine didactique. En 2012, avec la première mastérisation, le graphe général du métier projeté est éclaté (figure 3). Sur les 12 items didactiques, six comptent parmi les dix puits du graphe comme s'ils constituaient autant de dimensions disjointes du métier. En 2015, avec la deuxième mastérisation, dans un graphe général toujours aussi déstructuré et complexifié (figure 4), les items didactiques sont peu en relation entre eux. Le nombre de ces items en position de puits est passé de six à neuf. On ne peut plus penser ce domaine didactique comme organisateur de la représentation idéale du métier construite en fin de formation.

Pour aller plus loin dans notre réflexion, nous avons mobilisé le « mode cône ». On peut, par exemple, appliquer ce mode sur les items puits. Si des implications transitives ont ce puits pour extrémité, elles apparaissent en pointillés, on peut alors « déplier » ce cône en sélectionnant uniquement les variables en jeu dans le graphe général.

Prenons un exemple. Voici le cône de l'item 9 qui est un des puits du graphe issu de la passation 2015.

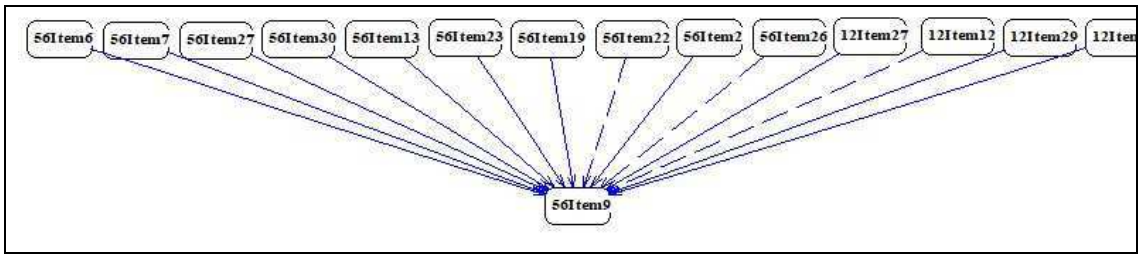


Figure 5 – 2015. Point de vue « Important », seuil .90, le cône 9

Après quelques manipulations sur CHIC, voici le cône déplié.

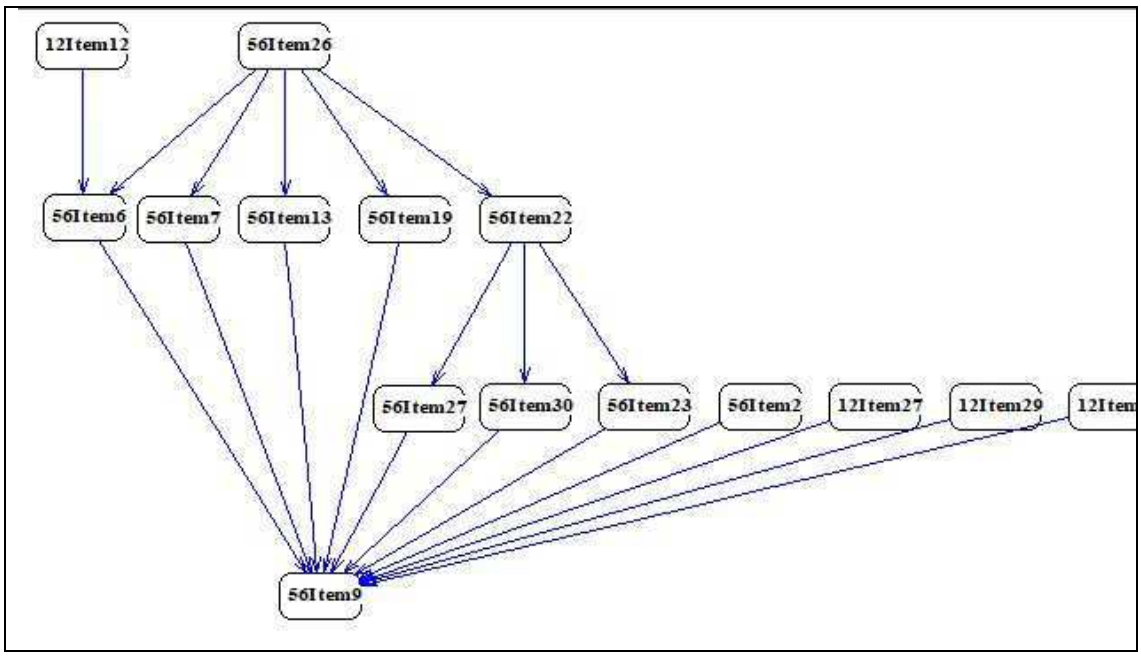


Figure 6 – 2015. Point de vue « Important », seuil .90, le cône 9 « déplié »

3.3 Des « bouts de graphe » qui parlent et qui motivent…

Cette technique recourant au mode cône de CHIC et au « dépliage » des cônes obtenus est particulièrement féconde, qu'on l'applique aux puits, pour remonter les implications qui les constituent comme puits, ou aux variables nodales (Gras et al., 2015) dont nous avons montré l'importance au cours du colloque ASI 9.

L'ensemble de notre communication pour ASI 10 étudie plus spécifiquement cette question méthodologique d'un point de vue temporel puisque nous mobilisons ici les résultats de trois enquêtes (2007, 2012 et 2015), en mettant en avant l'évolution des structures et/ou sous-structures présentes dans les graphes implicatifs globaux. Il n'en reste pas moins que cette technique peut (doit ?) s'appliquer à un graphe unique, sauf si celui-ci est particulièrement simple (faible de nombre de variables, structure évidente d'emblée), ce qui n'est que rarement le cas lorsqu'on travaille sur des représentations.

On peut ainsi « plonger » à différentes profondeurs dans le graphe et donner à l'exploration de celui-ci un caractère dynamique tant sur le plan de la motivation du (ou des) chercheur(s), car les changements de focale obligent des contextualisations différentes des interprétations, que sur le plan l'élaboration collective et de la restitution de ces interprétations puisque cette dynamique permet une « mise en scène » des résultats de la recherche.

4 Terminons la modélisation du support pour la recherche

Nous avons ébauché plus haut une modélisation de la notion de support pour la recherche. Suite au paragraphe précédent, nous allons introduire dans notre modélisation le chercheur lui-même et le potentiel destinataire des résultats de la recherche.

Le chercheur ne travaille jamais seul, ne fusse que par le biais de ses lectures et par le fait que ses travaux sont situés dans un champ de références théoriques et de pratiques, et sont « ciblés » vers des destinataires potentiels (collègues, communauté scientifique d'appartenance, étudiants) pour une transmission, voire un « apprentissage ». Dans la recherche évoquée dans ce texte, cette dimension collective est particulièrement présente. C'est elle qui a, par les demandes toujours plus curieuses et plus « pointues » que formulaient les co-chercheurs « non techniciens patentés » de CHIC, progressivement amené le « spécialiste » de l'analyse statistique implicative à dépasser les premiers résultats globaux et à « entrer dans les graphes ».

Nous proposons page suivante d'adapter le schéma élaboré par Leroyer (2018) à l'objet de ce texte, à savoir les supports pour la recherche dont un cas particulier est le graphe implicatif.

De notre point de vue, il est clair que les supports pour la recherche mobilisés par un chercheur, cristallisent ses propres rapports aux savoirs (épistémologue) et aux objets techniques (technicien). Par l'utilisation qu'il en fait, au cours de sa recherche et après, dans l'exposition et la mise en débat des résultats, c'est son rapport à l'action (didacticien) et aux autres (accompagnateur) qui est sollicité. Et il est tout aussi clair que, du côté des destinataires potentiels, les mêmes ressorts du rapport au monde sont à l'œuvre.

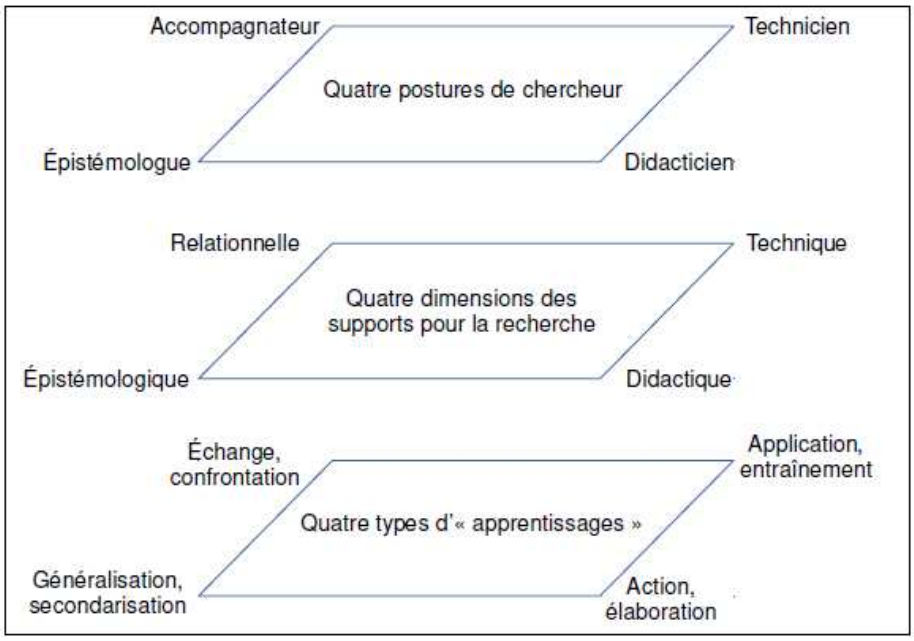


Figure 7 – Les supports pour la recherche, médiateurs entre chercheurs et utilisateurs des résultats de la recherche

L'apprentissage du support « graphe implicatif » se mène entre les deux pôles en tension que sont la manipulation du graphe dans l'interface graphique de CHIC et l'inscription de ce support, de façon générale et distanciée (Bautier, Goigoux, 2004), dans

un champ de référence. Sur l'autre axe, le support trouve vie à travers les interprétations qu'il génère, au cours d'élaborations intellectuelles, individuelles et/ou collectives, mais en tout état de cause, partagées.

Le tout s'inscrit dans des contextes socio-politiques donnés où est alors posée la question de l'engagement des chercheurs et de la communauté scientifique dans les débats qui traversent lesdits contextes.

Références

[1] Bailleul, M. (2010), Éclairages et questionnements sur le rôle des variables supplémentaires dans l'analyse statistique implicative. Une recherche sur la professionnalisation des enseignants. In Régnier, J.-C., Spagnolo, F., Di Paola, B., Gras, R., (Eds.) *Analyse statistique implicative. Objet de recherche et de formation en analyse de donne, outil pour la recherche multidisciplinaire*, PALERME, Supplemento n°1, 20, 2010, Quaderni di Ricerca in Didactica Matematica, ISSN 1592-5137.

[2] Bailleul, M., Bodergat, J.-Y., Thémines, J.-F. (2010), Collectifs et enseignants débutants. Logiques et significations des collectifs pour des enseignants débutants. *Éducation et Formation*, Collaboration pour la recherche et la pratique en éducation, n°e-293, mai 2010, ISSN 2032-8184

[3] Bailleul, M., Bodergat, J.-Y. (2012), Trajectoires d'enseignants en formation professionnalisante : dynamiques et temporalités, in M. Mellouki, B. Wentzel (eds), *Que faut-il penser de la professionnalisation de la formation des enseignants aujourd'hui ?* Presses Universitaires de Nancy.

[4] Bautier, E. et Goigoux, R. (2004), Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle, *Revue Française de Pédagogie*, 148, 89-100.

[5] Ouitre, F. et Thémines, J.-F. (2019), Une dimension didactique sous la pression de prescriptions multiples et de logiques contradictoires en formation, in Thémines, J.-F. et Tavignot P., (coord.), (2019), *Professeurs des écoles en formation initiale au fil des réformes : un modèle de professionnalisation en question*, Lille : Editions Septentrion.

[6] Bailleul, M. et Leroyer, L. (2019), Enseigner/apprendre… À partir de quoi ? Genèse d'un modèle, in *Educacão Matematica Pesquisa*, 21-2, Sao Paulo, PUC.

[7] Bailleul, M., Thémines, J.-F. (2013), L'ingénierie de formation : formalisation d'expériences en formation d'enseignants. In A. Vergnioux, A. (Ed.), *Traité d'ingénierie de la formation*, 85–112. Paris : L'Harmattan.

[8] Leroyer, L., Georget, J.-P. (2017), De l'analyse du travail des formateurs à l'élaboration d'une modélisation, outil pour la formation de formateurs. Communication présentée au 4ème colloque international de Didactique Professionnelle, Lille, France, juin 2017.

[9] Dorison, C. (ed), (2018), *Des écoles normales à l'ESPE. Témoignages de.formateurs pour une histoire de la formation des enseignants*, Grenoble, PUG.

[10] Douady, R. (1986), Jeux de cadres et dialectique outil-objet, in *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 7/2.

[11] Gras, R., Lahanier-Reuter, D. et Bailleul, M. (2017), Variables nodales et cône implicatif, in *J.-C. Régnier, R. Gras, L'analyse statistique implicative : des sciences dures aux sciences humaines et sociales*, https://sites.univ-lyon2.fr/asi/8/pub/ISBN9789973981905ASI8.pdf, 81-98.

[12] Leroyer, L. (2019) The capacity to think of transmission of knowledge from learning supports: a proposition of a conceptual model. In, L. Trouche, G. Gueudet & B. Pepin (Eds.), *Resources in Mathematics Teachers' Professional Activity*. Springer.

ANALYSE DE LA CONFLUENCE AU SOMMET DU CÔNE IMPLICATIF

Régis GRAS[1], Dominique LAHANIER-REUTER[2], Marc BAILLEUL[3]

ANALYSIS OF THE CONFLUENCE AT THE SUMMIT IMPLICATIVE CONE

RÉSUMÉ

Le graphe implicatif d'une base de données croisant sujets et variables numériques représente l'ensemble des relations implicatives entre les variables sur la base de la détermination des intensités d'implication mutuelles. Le logiciel CHIC, de traitement automatique des calculs et représentation graphique des relations, permet de limiter la représentation à un niveau de qualité des implications. Il se forme alors des sortes de cônes dont le sommet est une variable et les nappes supérieures (amont ou pères) et inférieures (aval ou fils) sont constituées d'arêtes d'extrémité le sommet. Donner du sens causal à cette configuration fera l'objet de cet article dont l'intérêt dépendra de l'absence de liaison entre les variables de chacune des nappes. Pour cela, selon deux critères (homogénéité et corrélation), on examinera leurs relations et les interprétations de chaque nappe sur deux exemples de données issues de recherches en didactique des mathématiques.

Mots-clés : *graphe implicatif, cône implicatif, variable père, variables fils, coefficient de corrélation linéaire, coefficient de corrélation multiple.*

ABSTRACT

The implicative graph of a database crossing subjects and numerical variables represents the set of implicative relations between the variables based on the determination of the mutual implication intensities. The CHIC, software for automatic calculation processing and graphical representation of relations, allows to limit the representation to a quality level of the implications. It forms then cones of sorts whose top is a variable and the upper layers (upstream or fathers) and lower (downstream or son) consist of end edges the top. To give causal meaning to this configuration will be the subject of this article whose interest will depend on the lack of connection between the variables of each of the layers. For this, according to two criteria (homogeneity and correlation), we will examine their relations and the interpretations of each table on two examples of data from research in didactics of mathematics.

Keywords*: implicative graph, implicative cone, father variable, child variables, linear correlation coefficient, multiple correlation coefficient*

[1] Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes, Équipe DUKE Data User Knowledge, Laboratoire LS2N, UMR 6241, Site de la Chantrerie, rue C. Pauc, BP 44306, Nantes cedex 3,
e-mail : regis.gras@univ-nantes.fr, regisgra@orange.fr.

[2] Laboratoire LACES EA 7437, Université Bordeaux, 3 ter, place de la Victoire 33076 Bordeaux Cedex. E-mail : dominique.reuter@numericable.fr

[3] CIRNEF, Université de Caen Normandie, bailleul.marc@neuf.fr

1 Introduction

Cet article vise à répondre au Défi 1 proposé à la suite du colloque ASI 8 [1] et portant sur les rôles respectifs des variables appelées « père », origines d'un arc dit entrant, et des variables appelées « fils », extrémité d'un arc dit sortant [2] et [3] Ces variables constituent respectivement l'amont ou l'aval d'un cône implicatif. Rappelons ce que l'on appelle cône implicatif, dans la théorie des graphes, d'un sous-graphe du graphe implicatif. Concrètement ici, c'est une fraction du graphe implicatif constituée de deux ensembles connexes de nœuds, nappes du cône, ne partageant qu'un seul nœud appelé sommet du cône. Par exemple (Figure1) :

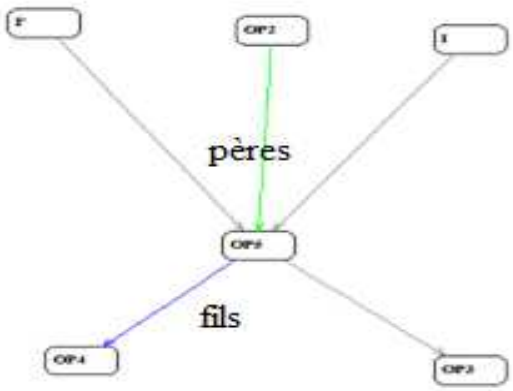


Figure 1 Un cône et ses deux nappes[4]

1.1 Rappel

Cette section reprend ce que nous avons abordé dans le Chapitre A 4 des actes de ASI 8, Radès [3] : « Variables nodales et cône implicatif »). Indice d'homogénéité d'un cône implicatif.

Nous faisons appel à une approche qui a la vertu épistémologique de s'harmoniser avec la philosophie de la modélisation employée pour évaluer la qualité d'une quasi-implication. Comme l'intensité d'implication, elle présente aussi l'avantage de fournir une échelle de mesure (une probabilité, nombre de [0 ,1]), dont le caractère ordinal est considéré ici, où le « zéro » sera signe d'une hétérogénéité maximale du cône et le « un » sera signe d'une excellente homogénéité dissymétrique ou d'un flux implicatif régulier et riche dans ses liaisons.

Associons à chacune des p arêtes (ou arc en théorie des graphes) une variable aléatoire relative à l'implication a => b ; on la note $Q(a,\bar{b})$ ([4] et [6]). Elle conduit, nous l'avons vu, à une mesure de la qualité de l'implication entre les deux extrémités de l'arête a -> b. Notons de façon générique, Q_i, i = 1 à p, l'indice d'implication aléatoire dont la réalisation est q_i. Nous savons que les p variables Q_i, par hypothèse indépendantes, dans le modèle fondamental de l'A.S.I. de l'invraisemblance du faux [6], suivent

[4] Dans un travail ultérieur évoquant les 2 nappes, nous nous engageons à briser la tradition en féminisant les noms des variables antécédentes et subséquentes.

approximativement la loi normale N(0,1) ([3][5]). Or, ces p variables supposées indépendantes, suivant la même loi, satisfont, en conséquence, les hypothèses du théorème central limite.

Posons $S_p = \sum_1^p Q_i$ et sa forme centrée-réduite $T_p = \frac{S_p - E(S_p)}{\sigma(S_p)}$ où $E(S_p)$ est l'espérance de S_p, somme des espérances des variables Q_i qui sont toutes nulles et $\sigma(S_p)$ est l'écart-type de S_p, soit $\sqrt{p}$.

Par suite, $T_p = \frac{S_p}{\sqrt{p}}$ converge en loi vers la variable aléatoire de loi N (0,1). Pour une valeur de p convenable, par exemple $p \geq 4$[6], T_p est donc approximable par la variable gaussienne centrée réduite N (0,1). Comparant cette valeur attendue à la valeur observée $t_p = \frac{\sum_1^p q_i}{\sqrt{p}}$, nous obtenons alors un indice probabiliste pour mesurer, sur son versant d'entrée, la qualité d'homogénéité du cône à savoir : $Pr\,[T_p \geq t_p] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_p}^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du$

Si cet indice est proche de 1, on pourra estimer que la relation entre le sommet et ses « pères » révèle leur appartenance à un même champ sémantique. Un calcul comparable avec le versant aval du cône conduirait à un indice identique pour en mesurer le même type de qualité.

1.2 Recherche des conditions de causalités sans liaison entre elles

Si l'on veut identifier les « pères » du sommet du cône comme des causes supposées, ne dérivant pas de phénomènes causaux inéluctables, communs ou proches, comme le seraient par exemple « il pleut » et « le sol est mouillé », ou comme le pensait le monde antique en termes de prédestination de l'avenir, il nous faut exiger que ces variables amont ne soient pas corrélées[7] ou ne le soient que faiblement. Si tel est le cas, on pourra affirmer que telle variable (par ex. le sommet du cône en l'occurrence) dépend essentiellement de telles causes séparées, tout au moins dans les conditions expérimentales sources des données traitées. Un test de significativité du coefficient de corrélation linéaire peut alors être joint à l'analyse interprétative pour réfuter la liaison entre deux variables amont. Par exemple, utilisant ce test, si le nombre de sujets est 150, on dira que la liaison est significative au risque de 5% si on observe une corrélation r supérieure à 0.16. Mais si r = 0.10, on admettra l'absence de liaison entre les deux variables considérées. Il est possible aussi de pratiquer un test de corrélation partielle[8] entre d variables « pères ». Pour d = 5, le risque de 5% est atteint pour une corrélation partielle de 0.164.

Il en est de même pour les « fils » en aval du sommet qui seront désignées comme conséquences non liées entre elles de ce sommet.

---

[5] Le même développement, complexifiant la clarté et les calculs pourrait être conduit avec une modélisation de Poisson des variables Q_i en nombre p ne justifiant pas la normalité de Q_i.

[6] Pour un nombre d'arêtes plus petit, l'indice envisagé risque de n'avoir qu'un rôle indicateur de tendance.

[7] Dans l'ancienne école philosophique grecque, on ramenait souvent a prédestination à une connexité d'intentions, assimilant « causalité » et « fatalité».

[8] Rappelons que la corrélation partielle se calcule de façon récurrente. Par exemple, si d=3 alors on obtient $r_{1,2,3} = \frac{r_{1,2} - r_{1,3}\, r_{2,3}}{\sqrt{(1-r_{1,3}^2)(1-r_{2,3}^2)}}$. Pour obtenir $r_{1,2,3,4}$, on remplace dans la formule précédente les corrélations simples par les corrélations partielles.

2 Cas des variables pères

De trois choses l'une :

- A) ou bien, elles forment un ensemble de causes possibles et mutuellement indépendantes ; dans ce cas, les sujets qui les satisfont, sont en général différents suivant chacun des pères ; un indice de corrélation multiple peut en rendre compte ; il doit être voisin de 0 ;
- B) ou bien, elles ne sont que des modalités différentes d'une même cause générale ; dans ce cas les mêmes sujets sont acteurs des règles d'extrémité O et d'origines les variables-pères concernés ; l'indice de corrélation multiple sera voisin de 1 ;
- C) ou bien les cas A) et B) s'enchevêtrent et il s'agira d'identifier les variables suivant les deux cas A) et B).

L'indice de corrélation multiple peut donc être un outil de discrimination entre les deux situations selon qu'elles relèvent de A) ou de B). La variance implicative intra-grappe serait aussi un excellent indicateur.

2.1 Exemple

Nous allons utiliser la base de données du test taxonomique[9] [4] présenté à 400 élèves de 4ème (13-14 ans) et portant sur le concept de symétrie, dans ses acceptions géométrique et algébrique. Nous extrayons ci-dessous un cône implicatif du graphe implicatif après traitement par CHIC des implications entre 40 variables représentant les 40 items constituant le test. Ce cône de sommet la variable C21 décrit les implications de 3 variables-pères du sommet, à savoir : C10, B31 et C22. On a placé au regard de chaque flèche la valeur de l'indice d'implication de son origine à son extrémité (le sommet du cône)

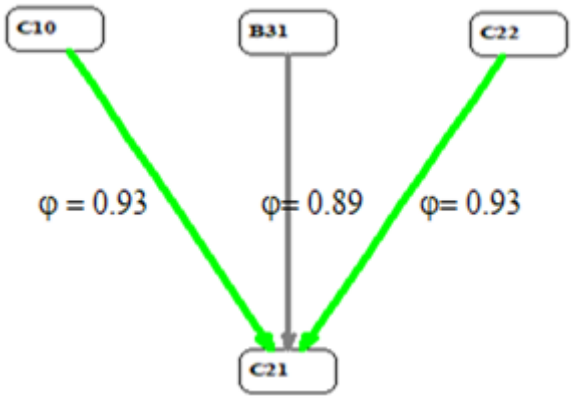


Figure 2 – Nappe supérieure du cône de sommet C21

Nous relevons dans le tableau suivant, à l'aide de CHIC 7a, les coefficients de corrélation linéaire entre les variables-pères et le sommet.

[9] Ce test, présenté dans la thèse de Régis Gras [4], est construit selon sa taxonomie d'objectifs cognitifs et vise à valider le préordre selon lequel est présentée la taxonomie.

	C10	B31	C22	C21
C10	x	0.03	0.22	0.48
B31	0.03	x	0.04	0.42
C22	0.22	0.04	x	0.45
C21	0.48	0.42	0.45	x

Tableau 1 – coefficients de corrélation linéaire entre les 4 variables

Ainsi, seules sont significatives de l'existence d'une liaison, les corrélations de C10, B11 et C22 avec le sommet C21. Une hypothèse d'indépendance ente ces trois pères de C21 est largement acceptable. De même la corrélation multiple entre ces trois variables est égale à 0.04, donc hautement significative de leur absence de liaison.

Remarque

L'indice d'homogénéité de la nappe supérieure du cône, au sens défini dans le § 1.2 est donc, en prenant en compte les indices d'implication des 3 variables sur le sommet :

Pour p = 3, on a $t_3 = 1.588$ et Pr $[T_p \geq 1.588] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_p}^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du = 0.944$

Ce qui revient à l'hypothèse d'indépendance. Ainsi, on pourra affirmer avec confiance que la variable C 21 apparaît sous **l'effet conjugué, confluent** pourrait-on dire, de trois raisons très probablement indépendantes.

2.2 Examinons-les.

Examinons tour à tour les questions C10, B31, C21 et C22

2.2.1 Question C10

C10 : « Existe-t-il une symétrie centrale échangeant les 2 figures ? Si oui place le cantre de symétrie ».

Cette situation, comme le seront la plupart des suivantes, mobilise chez l'élève le schème de la symétrie centrale, à savoir les 4 catégories dont parle G. Vergnaud dans [4] :

1) des buts, des intentions,
2) *des règles d'action* (glisser, retourner, ..),
3) *des invariants opératoires*, (points fixes, grandeurs, direction, milieu,…)
4) des possibilités d'inférence (répliquer,..)

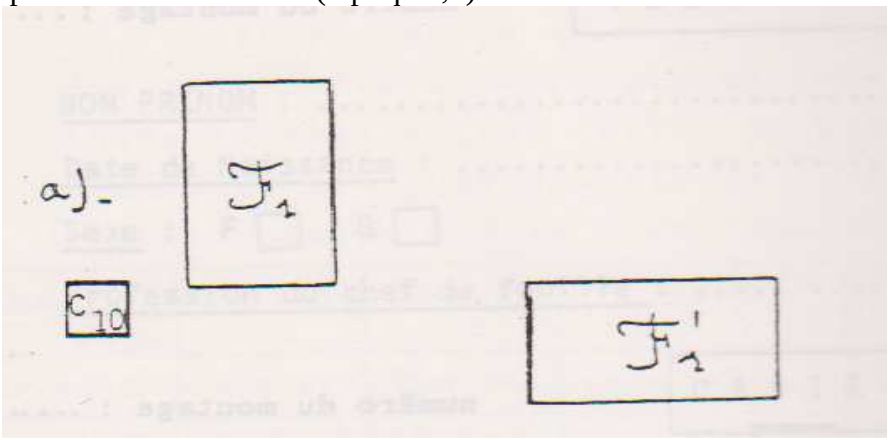


Figure 3 Item C10

Analyse de la tâche : connaître la notion de symétrie centrale, la signification de « échangeant » ; invoquer la règle d'action du retournement ; réfuter une propriété non vérifiée.

On peut retrouver des éléments des catégories énoncées plus haut.

2.2.2 Question B31

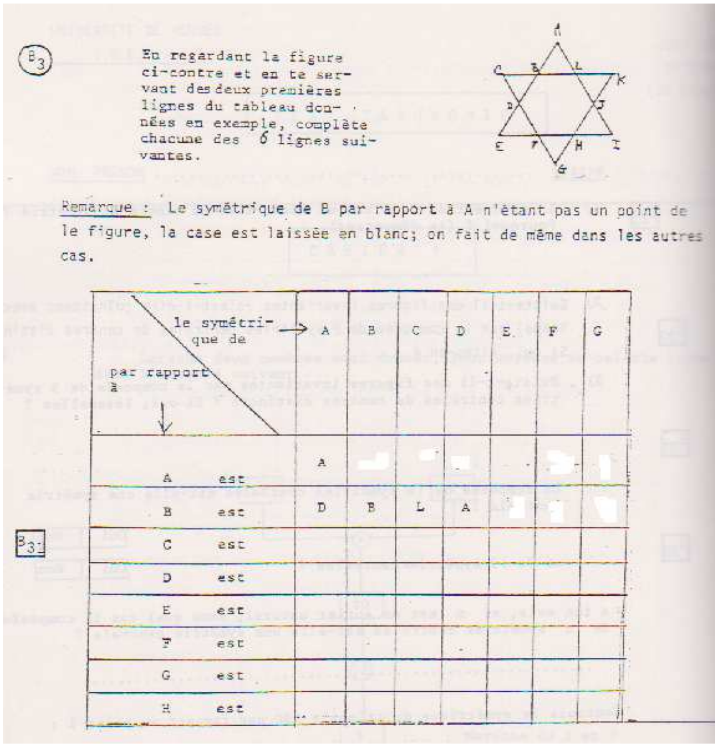


Figure 4 Item B31

Analyse de la tâche : connaître la propriété du centre de symétrie, analyser la figure ; appliquer la règle d'action attachée au centre de symétrie milieu ; répéter la même règle avec attention.

Intérêt de l'analyse implicative pour des hypothèses didactiques

La figure 2 ne lasse pas d'interroger un didacticien. Elle exige de ce dernier d'apporter des explications à des performances contrastées des élèves selon des tâches, qui apparemment, sont proches, et de plus, de prendre en compte les relations entre ces performances.

Si nous menons une investigation avec le cadre théorique proposé, les absences de relation entre les performances aux tâches B31 et C10 s'expliquent fort bien. La tâche C10 repose sur une lecture en termes de formes, tandis que la tâche B31 s'appuie sur une lecture en termes de points. L'étude et l'analyse statistique menée permet donc de passer d'un cadre théorique à un autre.

2.2.3 Questions C21 et C 22

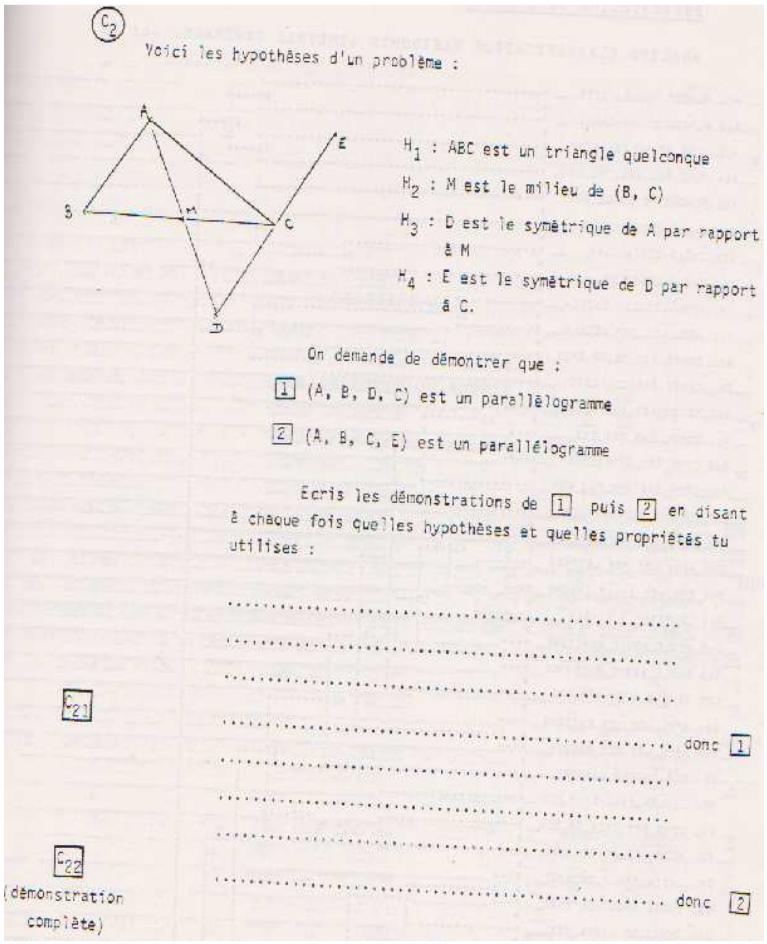


Figure 5 Items C21 et C22

Analyse des tâches :

C22 : assembler les inférences

C21 : choisir les arguments pertinents parmi les hypothèses pour déboucher sur la conclusion à partir de la propriété du centre de symétrie.

Intérêt de l'analyse implicative pour des hypothèses didactiques

Nous nous intéressons maintenant à l'implication statistique entre C22 et C21. Comme nous le soulignons depuis longtemps, cette relation statistique présente un intérêt tout particulier, celui d'être asymétrique. Ainsi, si nous interprétons cette asymétrie, il semble bien que les deux tâches de démonstration (démontrer que ABCE d'une part et ABDC d'autre part sont des parallélogrammes) reposent sur des mises en œuvre de contenus disciplinaires différents, et que la maîtrise des uns soit plus aisée (ou anticipatrice) de la maîtrise des seconds.

Cette interprétation nous amène par conséquent à rechercher les différences entre ces deux exercices. Le premier exercice C21, nécessite pour sa réussite de « voir » dans un parallélogramme une configuration de points et de diagonales : un parallélogramme est une figure dont les diagonales ont même milieu. En revanche, le second exercice, C22, exige quant à lui de « voir » un parallélogramme comme un assemblage de côtés, de traits, parallèles et de même longueur. Ces différences d'appréhension de formes géométriques sont prises en compte par la Gestaltpsychologie. Plus particulièrement, Duval a proposé

de rendre compte des difficultés rencontrées par les élèves en distinguant les tâches mettant en jeu des analyses des figures géométriques en termes de formes, d'assemblage de traits et de configurations de points. Cette approche permet en conséquence d'expliquer que les élèves aient davantage de difficultés à répondre de façon adéquate à la tâche C21 qu'à la tâche C22.

En conclusion, trois compétences de l'élève sont mobilisées et en synergie pour parvenir à la résolution de l'exercice C 21, même si celui-ci participe à la réussite à C 22. C'est donc bien le volet A de l'alternative énoncée dans le § 2 qui est satisfait. La conclusion C 21 est le fruit de trois compétences de natures différentes qui en favorisent la réalisation. Il n'y a pas redondance mais addition des compétences. Par conséquent, l'analyse statistique implicative a permis de comparer les pertinences de cadres théoriques.

3 Cas des variables fils

On retrouve la même multiplicité des cas.

3.1 Exemple.

Nous utilisons la base de données constituées des réponses des enseignants de mathématiques au questionnaire portant sur les objectifs qu'ils assignent à leur enseignement à des élèves d'orientations différentes [5], [6] et [8]. Nous disposons d'un cône de sommet OP9 et des fils J, OPX et PER. Nous donnerons plus loin (voir 3.2) la signification de ces trois variables. Examinons les coefficients linéaires de Spearman entre ces variables.

	OP9	OPX	J	PER
OP9	X	0.14	0.18	0.10
OPX	0.14	X	0.06	0.06
J	0.18	0.06	X	-0.01
PER	0.10	0.06	-0.01	X

Tableau 2 – Coefficients de corrélation linéaire entre les 4 variables

On notera que les corrélations entre le sommet « père » OP9 et ses trois « fils » sont relativement importantes auxquelles répondent également et légitimement les indices d'implication indiqués sur la figure. En même temps, les relations entre les trois « fils » ne sont pas négligeables mais sont plus faibles qu'avec OP9.

Dans la liaison éventuelle entre les 3 fils on obtient un coefficient de corrélation multiple égal à 0.06. Autrement dit, si la dépendance entre le « père » et ses trois « fils » est bien marquée, en revanche il n'existe pas de relation notable entre les 3 « fils ». C'est ce que nous recherchions : la « génération » de trois « conséquences » produit, semble-t-il, des évènements a priori indépendants c'est-à-dire sans redondance. Si tel est bien le cas, l'analyse de la nappe inférieure du cône doit nous apporter d'intéressantes informations.

Remarque :

Prenant en compte les indices d'implication de la variable OP9 sur les 3 variables de la nappe inférieure, on obtient :

Avec p = 3, on a $t_3 = 1.565$ et $Pr\,[T_p \geq 1.565] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_p}^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du = 0.942$

L'homogénéité de la nappe est donc assurée signifiant que, bien que les 3 variables « fils » soient considérées légitimement comme indépendantes, elles ne sont pas étrangères à leur filiation commune. Nous analysons ci-dessous la signification de chacun des évènements.

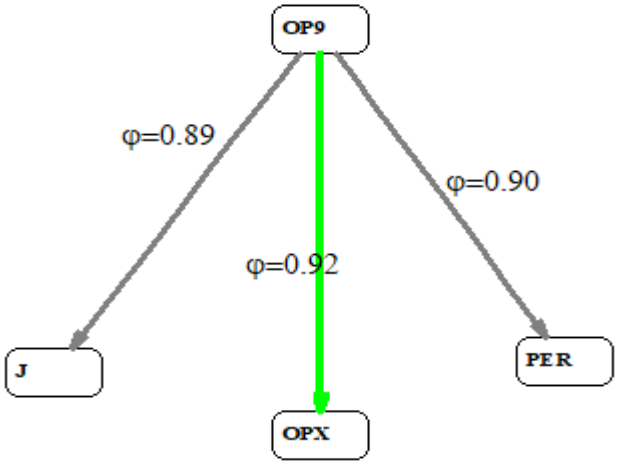


Figure- 6 Nappe inférieure du cône de sommet OP9

3.2 Extraits du questionnaire présenté à 311 enseignants et traité par CHIC 7a.

« Voici quelques opinions entendues dans la salle des profs. Vous pouvez être d'accord, ou un peu d'accord ou pas d'accord avec l'une ou l'autre. Entourez votre choix :

OP9 : il serait bon… d'avoir appris à faire un test statistique pour pouvoir réfuter ou accepter l'hypothèse d'adéquation d'une loi théorique à une distribution empirique ».

Cet objectif ne manque pas d'ambition même pour la classe scientifique concernée. Il peut paraître limite dans les conditions habituelles de déroulement des programmes d'enseignement.

J : objectif jugé important : « développement de la capacité à communiquer avec objectivité, clarté et précision par des modes de représentation divers »

La relation consécutive de OP9 à J transite par la nécessité exprimée dans OP9 de recherche d'objectivité dans un jugement d'adéquation entre deux modes de représentation d'une loi de probabilité. Cet objectif résumerait presque celui de l'éducation entière des mathématiques. Ce sont les enseignants des classes à dominante mathématiques qui contribuent le plus à cette relation.

OPX : il serait bon…. « estimer à vue, à 30% près, le périmètre et l'aire du plancher ainsi que le volume de la salle de classe ».

La relation commune à OP9 et OPX passe par l'incertitude associée aux deux évènements : recherche de maîtrise de deux évènements. Les professeurs les plus contributifs à cette implication sont chargés des classes littéraires.

PER : « *Les objectifs ci-dessus vous paraissent-ils pertinents ?* » Cette question est dans la ligne de OP9, limite quant à son ambition mais adéquate à cette exigence. Les professeurs contributifs enseignent dans des classes Economiques et Sociales.

Finalement, nous pouvons constater que ce bloc « père-fils » **s'hétérogénéise** relativement aux spécialités des enseignants qui le créent à partir de la même origine : OP9, par considération de la fonction de cet objectif. C'est le cas de ceux qui, considérant les mathématiques comme un outil de formation d'un esprit scientifique global (l'objectif

culturel J), contribueront fortement à la liaison OP9 => J. Au contraire, pour les autres liaisons, c'est peut-être le cas des enseignants pour lesquels les mathématiques, et en particulier les probabilités, sont des outils de traitement de problèmes issus de la réalité (objectif OPX et attitude PER). A l'opposé, relativement à ces deux liaisons, les professeurs qui enseignent principalement les mathématiques, par leur contribution nulle à OP9 => OPX et OP9=> PER montrent qu'ils se détournent de la fonction utilitaire de leur discipline. Ce qui, malheureusement, est bien souvent le cas dans les lycées français.

En résumé, l'attitude qui consiste à faire le choix OP9 est génératrice d'attitudes miroirs sous-tendues par des sortes d'idéologies sur le rôle socio-cognitif de l'enseignement des mathématiques. Cette remarque montre bien qu'il serait imprudent de conduire une interprétation d'un choix comportemental sur la base d'une seule lecture de l'item correspondant, particulièrement lorsque la population interrogée est potentiellement hétérogène. On rejoint ici une préoccupation légitime de Christian Pellois [3].

4 Conclusion

Nous avons vu la richesse informationnelle des cônes implicatifs dès lors que l'absence de corrélation est observée entre les composantes respectives des deux nappes et que, contradictoirement, une certaine homogénéité sémantique y règne. D'une part, ces cônes mettent en relief la part causale et confluente contenue dans les variables implicatives d'un sommet. Celui-ci lui-même va recueillir la diversité de leurs influences comme le fait un arc-en-ciel avec les couleurs fondamentales qui se confondraient dans le blanc. D'autre part, la fonction causale de la pointe du cône va éclater, cette fois, en de multiples conséquences, chacune porteuse d'une couleur particulière de l'arc-en-ciel au sommet. Bien que ces études respectives aient été illustrées sur deux seuls exemples, la démarche semble suffisamment générale pour qu'elle puisse s'appliquer sans problème sur d'autres situations extraites de domaines différents.

Références

[1] *Analyse Statistique Implicative, Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques*, (2017) Eds. Régnier J.-C., Gras R., Couturier R., Bodin A., ASI 9, IUT Belfort-Montbéliard.

[2] Lahanier-Reuter D., Gras R., Bailleul M., (2015), Variable nodale et cône implicatif, *Analyse statistique implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales,* Actes ASI 8, ARSA, Radès

[3] Régnier, J.C., Slimani, Y., Gras, R., Ben Tarbout, I., Dhouibi, A. (Eds) (2015). *Analyse statistique implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales*. Tunisie. ARSA Association pour la Recherche en Statistique Appliquée ISBN 978-9973-9819-0-5. (1ère édition) - ISSN on-line 1592-4424 - QRDM -QUADERNI DI RICERCA IN DIDATTICA - G.R.I.M. Supplemento n.1 alN.25- PALERMO 2015 (2ème édition)

[4] Gras R., (1979), *Contribution à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs didactiques en mathématiques*, Thèse d'Etat, Université de Rennes I.

[5] Vergnaud G. (1994), Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel, in *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, p. 177-191, eds M. Artigue, R. Gras, C. Laborde, P. Tavignot, La Pensée Sauvage, Grenoble.

[6] *L'Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux Sciences Humaines et Sociales*, R. Gras, (dir.), R. Gras, J.C. Régnier, D. Lahanier-Reuter, C. Marinica, F. Guillet (eds), Cépaduès Ed., Toulouse, (2017)

[7] Gras R., (2018), *La théorie de l'analyse statistique implicative, ou l'Invraisemblance du faux*, Cépaduès Ed., Toulouse.

[8] Bodin A.et Gras R., (1999), Analyse du préquestionnaire enseignants avant EVAPM-Terminales, *Bulletin n°425 de l'Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public*, 772-786, Paris.

ARBRE COHESITIF EN A.S.I. ET METAPHORE FRACTALE

Régis GRAS[1], Pablo GREGORI[2]

COHESITIVE TREE IN S.I.A. AND FRACTAL METAPHORE

RÉSUMÉ

Ce chapitre constitue une réponse développée au Défi 3 proposé au Groupe ASI à la suite du colloque ASI 9 (Belfort, 2017)[3]. Des expérimentations sur des données du champ de la didactique des mathématiques, ont permis de conjecturer l'adéquation de la géométrie fractale à l'interprétation du graphe implicatif issu d'un traitement par le logiciel CHIC. Le texte présent, sur des bases comparables et dans ce même champ, va nous permettre de formuler la même conjecture relativement à l'arbre cohésitif de l'ASI. On soulignera en effet, dans le texte, le double intérêt de cette conjecture à la fois pour soutenir l'intuition dans l'examen de cet arbre et également au niveau opératoire pour anticiper l'existence d'un de ses niveaux. On percevra alors que la théorie de l'ASI entre, par ses représentations, dans le cadre plus général de la théorie de la relativité d'échelle où se structure une suite emboîtée et croissante de « pourquoi » et de « comment ». La conceptualisation, la construction d'un savoir, une genèse comme les lois de l'évolution y puisent une riche métaphore.

Mots-clés : *arbre cohésitif, cohésion, géométrie fractale, dimension fractale, taxonomie, complexité cognitive, relativité d'échelle.*

ABSTRACT

This chapter is a response to Challenge 3 proposed to the ASI Group following the ASI 9 colloquium (Belfort, 2017). Experiments on data from the field of mathematical didactics made it possible to combine the adequacy of the fractal geometry with the interpretation of the implicative graph resulting from a processing by the CHIC software. The present text, on comparable bases and in this same sample, will enable us to formulate the same conjecture with respect to the cohesive tree of theASI. In the text, the double interest of this conjecture will be emphasized both to support intuition in the examination of this tree and also at the operative level to anticipate the existence of one of its levels. We will then perceive that the theory of the ASI enters, through its representations, into the more general framework of the theory of the relativity of scale where a nested and growing sequence of "why" and "how" is structured. Conceptualization, the construction of knowledge, a genesis like the laws of evolution draw from it a rich metaphor**.**

Keywords*: cohesive tree, cohesion, fractal geometry, fractal dimension, taxonomy, cognitive complexity, scale relativity.*

1 Introduction

Lors des Journées de ASI 9 [1], nous avons présenté une communication sous le titre : « *Dimension fractale du graphe implicatif* », visant à soutenir la conjecture que le graphe

[1] Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes, Équipe DUKE Data User Knowledge, Laboratoire LS2N, UMR 6241, Site de la Chantrerie, rue C. Pauc, BP 44306, Nantes cedex 3, e-mail : regis.gras@univ-nantes.fr, regisgra@orange.fr.

[2] Instituto Universitario de Matemáticas y Aplicaciones de Castellón, Departamento de Matemáticas, Universitat Jaume I de Castellón, Campus Riu Sec, E-12071, Castellón de la Plana, Spain, e-mail : gregori@uji.es.

[3] Défi 3 : intuition et prédiction à la clé, la hiérarchie cohésitive rentre-t-elle dans le champ de la géométrie fractale comme le graphe implicatif ? quelle serait sa dimension fractale ?

implicatif présentait les propriétés d'un ensemble fractal[4]. Pour cela, deux grandeurs associées au graphe devaient respecter une **loi d'échelle**[5] (L. Nottale, [2]), en l'occurrence le nombre de règles et l'intensité d'implication. Ce que nous avons constaté sur deux exemples. Nous avons donc abouti à la conclusion provisoire suivante, quelque peu retouchée depuis, après l'étude de deux fichiers que nous allons reprendre plus loin

Il apparaît que, tout comme pour une côte maritime qui préserve une constante universelle, invariant opératoire appelé dimension fractale, lorsque l'échelle de mesure est modifiée, un invariant sous-tend aussi les changements de représentation du graphe implicatif par changement du seuil de l'intensité d'implication. On conjecture ainsi que l'existence de cet invariant est une propriété également universelle, indépendante du seuil d'implication. On conjecture de plus que l'invariant n'est pas que descriptif, il introduit en quelque sorte une **relativité** d'échelle, même s'il restitue une certaine vision globale de l'enchevêtrement des liaisons implicatives, puisqu'il semble conduire à des prédictions fiables relativement au nombre de règles représentées ou non par le graphe. La qualité opératoire de la métaphore géométrique était inattendue. Il est à mettre à son crédit en s'ajoutant à son apport intuitif. Ce résultat surprenant, qui demanderait consolidation par d'autres expériences, n'était pas prévisible, qu'il « était caché » comme dit G. Bachelard [3]. Il illustre ce qu'écrit H. Krivine (2011) : « Il est banal de chercher ce que l'on n'a pas encore trouvé, mais le sel de la recherche est de trouver ce qu'on ne cherchait pas » p. 235). Il ne pouvait l'être non plus par B. Mandelbrot en dépit des nombreuses applications de la théorie fractale aux finances (mouvements boursiers), à la lexicologie (loi de Zipf sur la fréquence des mots), à la physique des cristaux, la physiologie du corps humain (poumon, cœur, …), etc.

Mais ces changements de représentation mentale du graphe qui n'affectent pas l'invariant d'échelle, permettent d'introduire une certaine subjectivité au regard de la réalité et entretiennent l'intuition du graphe implicatif. Ces changements, par leur plasticité, bonifient, dans certaines situations scientifiques, les conditions dans lesquelles l'observation est effectuée tout en restant maîtrisable.

Nouveau virage pour l'ASI. Et si la hiérarchie cohésitive relevait aussi de la géométrie fractale ? Et si la géométrie fractale était un modèle de la conceptualisation ? C'est en ce sens qu'elle nous paraîtrait féconde comme le déclare (Trinh Xuan Thuan, *1998): « Une* théorie est d'autant plus belle qu'elle révèle des connexions inattendues à chaque nouveau tournant, au fur et à mesure que les chercheurs explorent sa structure plus en détail », p.28. Mandelbrot, lui-même, disait (je cite Edgar Morin, [6]« Introduction à la pensée complexe », p. 154) que les grandes découvertes sont le fruit d'erreurs dans le transfert des données d'un champ à un autre…l'erreur devient féconde ».

---

4 Un ensemble fractal est plutôt défini par ses propriétés comme l'expriment Diego Queiros-Condé, Jean Chaline et Jacques Dubois [4] : « *Un ensemble fractal présente des structures à de nombreuses échelles organisées hiérarchiquement. Si elles sont identiques, on parle d'auto-similarité ou d'invariance d'échelle. Un ensemble fractal a une structure fine comme, par exemple, des détails à des échelles prises arbitrairement petites. Un ensemble fractal est trop irrégulier pour être décrit dans le langage traditionnel formel aussi bien localement que globalement. Un ensemble fractal présente très souvent une forme quelconque d'homothétie interne. Globalement la dimension fractale d'un ensemble fractal définie d'une façon ou d'une autre est supérieure à sa dimension topologique. Dans la plupart des cas, un ensemble fractal est défini d'une façon simple, pouvant être récursive* ».On trouvera aussi quelques élements plus formels dans les travaux de Mandelbrot, le « père » de la géomtrie fractale, en particulir dans le petit livre. [5].

5 Deux quantités mesurables X et Y sont dites liées par une **loi d'échelle** lorsqu'il existe un nombre D tel que $X = Y^D$ c'est-à-dire aussi log X/log Y= cte. Ainsi la représentation graphique de log X en fonction de log de Y est un segment de droite.

Enfin, prolongeant la « philosophie fractale » à des phénomènes de société, R. Benkirane dans son entretien avec L. Nottale (R. Benkirane, [7] 2002) va jusqu'à dire : « L'homme a du mal à imaginer les identités et les cultures comme des structures gigognes ». Que votre regard, à vous lecteur, posé sur un graphe implicatif, ait gagné en profondeur métaphysique en le prolongeant à la Xième dimension.

Nous allons procéder de façon comparable à travers une étude portant sur l'arbre cohésitif muni d'une mesure appliquée aux classes de variables. Cette mesure est l'indice de cohésion qui, en tant qu'**échelle**, ensemble de graduations, structure l'ensemble des couples puis des classes de couples de variables, comme le fait l'indice d'implication qui mesure et oriente les couples. Cet arbre possède la propriété d'autosimilarité (image des poupées russes), comparable à l'homothétie, régulable dans CHIC par changement de seuils. On l'observe bien lorsque l'on passe du seuil 0.99 au seuil 0.9999. Cette propriété accroît la présomption de fractalité de l'arbre cohésitif en s'appuyant ainsi sur des critères qui la définissent :

* d'une part sur son aspect fait d'irrégularités, de brisures, sur la conservation de sa forme à différentes échelles de représentation, sa non-différentiablité,

* d'autre part sur sa propriété apparente d'invariance par changement d'échelle.

Pour justifier cette hypothèse de fractalité, on observera la quasi-linéarité entre les logarithmes de l'indice de cohésion à un niveau hiérarchique donné et le nombre de classes formées jusqu'à ce niveau[6]. Et ce choix, qui nous appartient, d'un certain mode de représentation est un volet, parmi d'autres sans doute, de la volonté de disposer d'une image géométrique facilitatrice de la conceptualisation (cf. *Hiérarchies de règles et conceptualisation* »,[7]). En cela nous apportons satisfaction à G. Bachelard qui écrit dans *La formation de l'esprit scientifique* [3] : « *Rendre géométrique la représentation, c'est-à-dire dessiner les phénomènes et ordonner en série les évènements décisifs d'une expérience, voilà la tâche première où s'affirme l'esprit scientifique* ». (p.5). Et Platon pourra se réjouir aussi de cette géométrisation de nos graphes lui qui enjoignait les postulants à son Ecole académique à respecter la formule : « *Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre* ».

2 Approche méthodologique du traitement d'un arbre cohésitif

Le paramètre ou indice de « cohésion » d'un couple de variables (a, b) nous semble un bon critère pour qualifier :

* d'abord, la qualité implicative de a sur b selon un indice d'implication muni d'un arrondi imposé par le mode de traitement choisi ;

* ensuite, pour qualifier extensivement la consistance d'une classe de variables où chaque binôme est bien assorti et où les liaisons duales sont préservées.

Cette protection des liaisons duales implicatives entre binômes est assurée par la moyenne géométrique, tout en respectant la *non-symétrie*, la non-linéarité, la hiérarchie des « Idées » dirait Platon, bref conservant le sens de l'analyse implicative. Ce sens repose sur la même philosophie que celle qui fonde l'intensité d'implication, à savoir, comme en théorie de l'information, sur l'aspect exceptionnel des évènements, et non pas seulement sur leur fréquence. En effet, rappelons la définition de la notion de cohésion. La cohésion

[6] Nous le montrons dans l'article *« Evolution darwinienne et classification orientée ASI »*, présenté lors de ASI 10 par R. Gras et L. Ndong.

d'une classe de degré 2, correspondant au couple (a, b) est définie, à partir de l'entropie au sens de Shannon[7] entre crochets, par la formule,

$$coh(a,b) = \left(1 - [-p(\log_2(p)) - (1-p)(\log_2(1-p))]^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

si p = φ(a,b) ≥0,50 et $coh(a,b) = 0$ si p = φ(a,b)<0,50.

Ainsi, la cohésion varie en sens opposé de l'entropie c'est-à-dire de la mesure de l'incertitude de l'expérience implicative. Puis nous définissons la cohésion d'une classe formée inductivement à partir de la cohésion de ses parties de telle façon que cette définition respecte notre ligne directrice de l'ASI à savoir construire le TOUT par plus que la somme de ses parties.

La *cohésion* d'une classe **C** = (a_1, a_2,…, a_r) de degré r, est définie par la formule :

$$coh(C) = \left[\prod_{i=1,\ldots r-1}^{j=2,\ldots r;\, j>i} coh(a_i, a_j) \right]^{\frac{2}{r(r-1)}}$$

Cette définition par la moyenne géométrique a la vertu d'éliminer tout « mouton noir », de cohésion nulle, au sein d'une classe, ce qui y détruirait la tendance implicative générale orientée. Puisque nous aurons affaire à une suite d'échelles dans l'élaboration de l'arbre, recherchons s'il existe un invariant d'échelle, au moins local, conduisant à une dimension fractale de cet arbre. Pour ce faire, voyons d'abord comment estimer le nombre N intervenant dans la formule de Richardson [9]. Ce nombre N représente le nombre de pas apparus à une étape de la construction géométrique visée, un certain niveau descriptif du phénomène observé, comme par exemple un développement cognitif. Lors de la construction métaphorique du graphe implicatif, le nombre N quantifiait le nombre de règles apparues à une étape de cette construction, c'est-à-dire pour une échelle d'observation donnée.

3 Un premier exemple

A un niveau de formation de l'arbre cohésitif, en fait relativement à une échelle donnée, correspond une cohésion C qui en donne une valeur relative. Nous savons, comme son nom l'indique, qu'il s'agit d'un indice valorisant la consistance d'un échelon, d'un niveau et sa lente régression au fur et à mesure de l'extension des classes. Pour ce faire, on dénombre les classes déjà formées, avant ce niveau, en utilisant la représentation hiérarchique donnée par CHIC et la procédure suivante que nous inspire la formule ci-dessus, tout en respectant sa sémantique :

*à une classe (a, b) formée à ce niveau on ajoutera 1 au nombre de classes formées jusqu'alors ;

*à une classe nouvellement formée de type (a, (b, c)) ou ((a,b),c) on ajoutera 2 au nombre de classes déjà formées correspondant aux cohésions des classes (a,b) et (a,c) ou (a,c) et (b,c) ;

* à une classe de type ((a, b), (c, d)) on ajoutera 4 correspondant aux cohésions de a avec (c, d) et b avec (c, d) ;

A un niveau significatif choisi, on compte le nombre N de classes formées à un niveau de cohésion supérieure ou égale à une certaine valeur de cohésion C indiquée sur l'arbre

[7] Shannon C.E. et Weaver (1949)., *The mathematical theory of communication*, Univ. of Illinois Press.

et reportée dans le tableau ci-dessous. Nous savons, dans la pratique de l'ASI relativement à l'arbre qui hiérarchise les classes orientées, que le nombre de classes formées croît quand la cohésion décroît. Elle a alors un comportement comparable à une échelle, à une résolution permettant d'observer la forme la plus large. Aussi reprenant la formule de Mandelbrot [5] et Richardson [9], on obtient la valeur instantanée de l'invariant dimensionnel recherché : D_C= (logN)/(log(2/C)) (1). Cette détermination est en tout point conforme à celle adoptée pour le graphe implicatif [11]. Ainsi, D_C reste sensiblement invariant si C devient plus petite alors que N devient plus grand. Ce que nous devrions observer. Dans ce tableau, nous commençons au niveau 4, véritable niveau significatif non trivial.

Par exemple, avec le fichier **EVATT1**[8] (Annexe 1**)** portant sur les opinions des enseignants de mathématiques relativement aux objectifs de leur enseignement (Bodin. et Gras [10]), au niveau significatif 15, on obtient N = 22 pour une cohésion minimale de 0.661 ce qui conduit à D_C =2.79.

Au niveau 13, on obtient N=19 pour C= 0.707 puis D_C= 2.83

Alors qu'au niveau significatif 10 la cohésion est 0.856 pour N=13 ce qui donne DC=3.02

Au niveau 8, on a N= 10 et C= 0.865 d'où D_C = 2.75

Au niveau 5, on a N= 6 et C= 0.92 d'où D_C = 2.31

[8] EVAPM : http://www.apmep.fr/-Observatoire-EVAPM-

À côté d'EVAPM (Groupe d'enseignants. de Mathématiques travaillant sur l'Evaluation), nous avons développé une base multicritère de questions d'évaluation : la base EVAPMIB. Cette base qui, outre les questions d'EVAPM, contient de nombreuses questions utilisées dans des enquêtes à grande échelle (TIMSS, PISA,…), questions dont on a pu renseigner les conditions de passation et les résultats obtenus, cette base donc contient plus de 2000 questions et son développement se poursuit. Bien sûr le niveau taxonomique est l'un des critères de choix possible des questions.

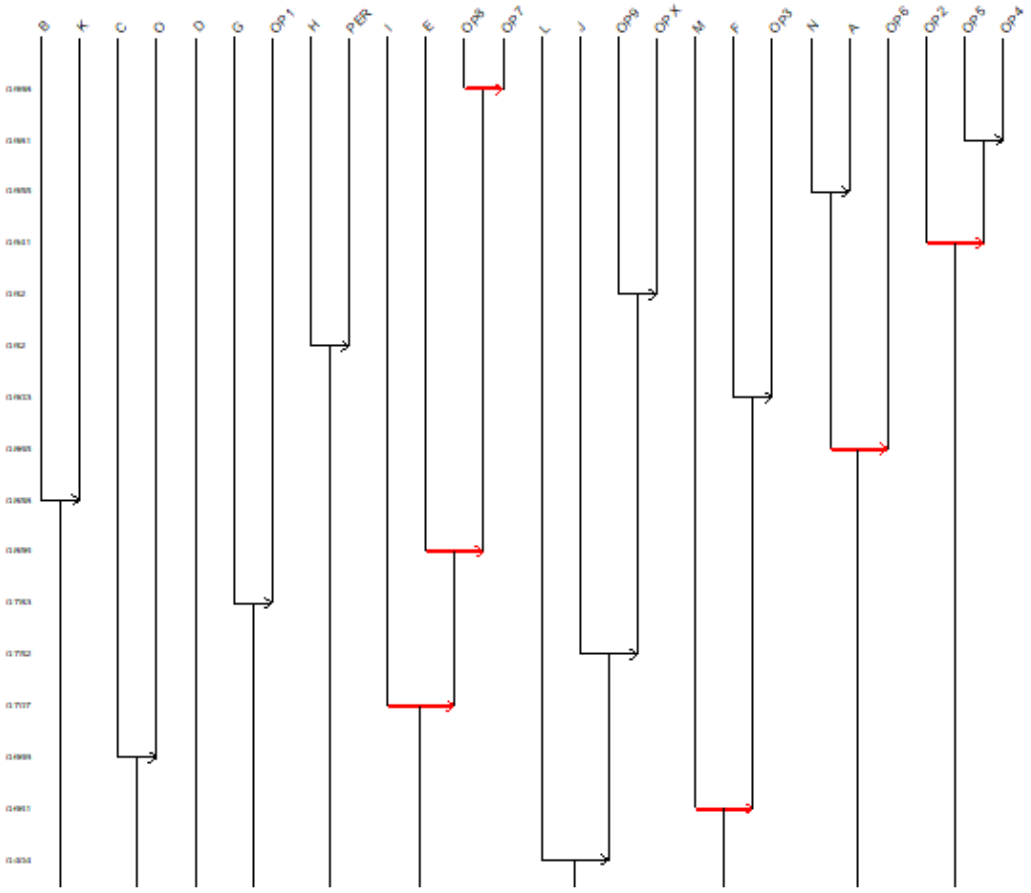


Figure-1 Arbre cohésitif du fichier de données EVATT1 (26 variables modales et 300 sujets)

Niveau de l'arbre	Indice de cohésion C à ce niveau	Nombre N de classes pour coh >= C	D_C calculé **$D_c = \log N/\log(2/c)$**
4	0.941	5	**2.13**
5	0.92	6	**2.31**
6	0.92	7	**2.68**
7	0.903	8	**2.62**
8	0.865	10	**2.75**
9	0.858	11	**2.83**
10	0.856	13	**3.02**
11	0.783	14	**2.81**
12	0.752	16	**2.83**
13	0.707	19	**2.83**
14	0.669	20	**2.76**
15	0.661	22	**2.79**
16	0.404	25	**2.01**

Tableau- 1 Détermination de la dimension de l'arbre Figure- 1

La moyenne des valeurs prises par D_C est 2.64 et l'écart-type est 0.324. Dans le modèle fractal considéré sous-jacent à l'image de l'arbre cohésitif, on peut considérer, eu égard au faible écart-type, **que la dimension fractale de l'arbre est 2.6. Ainsi, la géométrie de l'arbre cohésitif semble apparentée à la géométrie fractale au sens de Mandelbrot [5]. La dimension fractale mesure le degré d'irrégularité de l'arbre, de sa brisure dirait Mandelbrot.**

Remarque 1

Cette valeur de dimension peut être utilisée de façon inverse, à savoir : retrouver à quel niveau correspond une certaine valeur de cohésion. Par ex. utilisant la formule inverse : log $N_C = D_C.\log (2/C)$, on obtient pour C= 0.783, $N_C = 11.45$ alors que le niveau de hiérarche est 11. Mais notons que cette propriété opératoire d'inversion est quelque peu locale puisque nous observons que la décroissance de la cohésion n'est accompagnée de la croissance de D_C que jusqu'aux niveaux médians. Elle pourrait cependant nous alerter de l'existence d'un niveau intermédiaire qui aurait été oublié ou négligé comme pourrait l'être un sous-niveau cognitif. De nouvelles explorations nous paraîtraient nécessaires pour consolider la conjecture d'opérativité de l'arbre cohsitif comme nous l'avons exprimée avec le graphe implicatif. Dans la communication « *Evolution darwinienne et classification orientée A.S.I* », nous avons une autre approche de la fractalité de la hiérarchie qui conforte cette fractalité.

Remarque 2

Une autre procédure de décompte N des classes formées à un niveau hiérarchique quelconque consiste récursivement à ajouter au nombre de classes une unité correspondant à la nouvelle classe, c'est-à-dire aucune des classes générées par l'apparition de cette nouvelle. Par exemple, la formation de la classe (a,(b,c)) ne conduit plus à majorer N-1 de 2 unités Ainsi, au niveau 10, on disposera de N=10 classes et non pas 13 obtenues dans le précédent décompte. Cette procédure nous conduit à une dimension fractale D=2,35 avec un écart-type de 0.23 qui permet d'améliorer sensiblement des prédictions inverses.

Remarque 3

Nous avons déjà mis en évidence dans des travaux précédents [11]et, en particulier lors du colloque ASI 9 de Belfort [1], la restitution préordonnée du graphe implicatif en même temps que sa métaphore fractale. Nous connaissons la propriété hiérarchique et non linéaire au niveau conceptuel de l'arbre cohésitif. Nous pouvons le noter ici encore en effectuant l'analyse d'une classe significative (cf. Fig. 1):

I->(E->(OP8->OP7))

En effet, on s'élève de comportements calculatoires spécifiques OP7 puis OP8 à une propriété cognitive E (la créativité) appliquée au champ conceptuel de la divisibilité, puis à la compétence de la mise à distance critique I des concepts enseignés ce qui représente un niveau conceptuel plus élevé. Dans la taxonomie d'objectifs cognitifs [12] dont nous parlerons plus loin, ces deux objectifs E et I relèvent respectivement de classes cognitives rangées dans cet ordre (Annexe 2).

Cet exemple illustre clairement la citation de Pascal rappelée par E. Morin dans [6] (p. 133) : *« Je tiens pour impossible de connaître les parties en tant que parties sans connaître le tout, mais je tiens pour non moins impossible la possibilité de connaître le tout sans connaître singulièrement les parties* ». D'où des structures gigognes où à chaque niveau d'échelle on passe d'un « quoi » ou un « pourquoi » à un « comment » explicatif ou commentatif.

En effet, cet exemple permet de répondre à des suites de questions préordonnées en termes de « pourquoi » puis de « comment ». Par exemple, pourquoi un enseignement de mathématiques ? pourquoi un médiateur (l'enseignant) ? comment satisfaire la finalité de l'enseignement ? quelles en sont les articulations ? On voit alors que la relativité d'échelle est la théorie qui articule, pas à pas, cette scansion et confirme de ce fait la structure fractale de l'arbre cohésitif.

4 Un deuxième exemple

L'exemple qui suit fait référence première à la notion de complexité, plus précisément la complexité cognitive et la relation d'ordre associée : « plus complexe que, moins complexe que… ». La complexité dont il est question rend compte du conflit ordre/désordre comme l'écrit Edgar Morin [6] (p.85) : « *La complexité de la relation ordre/désordre/organisation surgit donc quand on constate empiriquement que les phénomènes désordonnés sont nécessaires dans certaines conditions, dans certains cas, à la prodution de phénomènes organisés, lesquels contribuent à l'accroissement de l'ordre* ». Dans un autre ouvrage [13], il redéfinit la pensée complexe en ces termes qui la font s'opposer à la pensée réductionniste qui, elle, réduit la connaissance d'un tout à celle de ses parties : « *…la pensée complexe est une pensée qui relie, d'une part en contextualisant, c'est-à-dire en reliant au contexte, d'autre part en essayant de comprendre ce que c'est qu'un système ».*

Nous avons fait des observations comparables à celles de l'exemple précédent avec le fichier de données du test de la thèse [12] de R. Gras (40 variables-items et 400 élèves). Nous rappelons que ce test illustre sa taxonomie d'objectifs cognitifs (cf. Annexe 1), censés ordonnés par la complexité cognitive selon 5 niveaux généraux notés A, B, C, D, E dans l'ordre croissant non continu de leur complexité, souvent associée à « difficulté » sans s'y réduire[9]. Des sous-niveaux, briques élémentaires, au sein de chacun de ces niveaux permettent d'identifier plus spécifiquement des compétences attendues des élèves relevant du niveau considéré. On trouvera une présentation plus précise de cette taxonomie dans le chapitre : « **L'ASI analyseur et révélateur de la complexité cognitive taxonomique** » figurant dans les Actes de ASI 9 Belfort [1] (p. 128-142). Mais nous rappelons qu'elle a pour vocation de mettre de l'ordre dans le désordre apparent des comportements du sujet, symptômes de l'acquisition stable de compétences.

On voit bien la difficulté d'objectiver la complexité d'un niveau cognitif, même dans un champ conceptuel donné, car il semble profondément attaché aux opérations de pensée dont dispose le sujet interrogé à un moment donné, sa familiarité avec les concepts en jeu, leur intrication, les théorèmes en acte et leur efficience, l'interdépendance de leurs emplois et, bien sûr, le champ conceptuel dans lequel se situe la question (G. Vergnaud, [14], etc. C'est donc en toute hypothèse, par un acte de foi et en référence à un vécu personnel que Régis Gras a non seulement défini des niveaux d'objectifs hiérarchisés, mais aussi des sous-niveaux les constituant et des exercices censés les mettre en œuvre. Les 40 items évoqués plus haut en composent l'illustration.

On trouve ci-dessous (Figure. 2) l'arbre cohésitif de ces 40 items satisfaisant chacun un des objectifs de la taxonomie d'objectifs cognitifs (cf. Annexe). Les noms des variables sont indiqués de la façon suivante : niveau cognitif présumé suivi du n° de l'item qui est censé l'illustrer. On peut alors remarquer que, sauf cas particulier dont on a examiné par ailleurs la signification dans le chapitre cité ci-dessus, l'ordre E->D->C->B->A est respecté. Un test statistique le confirme avec un seuil très significatif. On peut aussi le vérifier par la lecture de la Fig. 2 où seule la classe A 30-> (B 27-> B 28) ne

[9] Dans [4] de D. Queiros-Condé, J. Chaline, J. Dubois, on trouve une distinction éclairante entre « compliqué » et « difficile » : « *serait compliqué un système qui se complexifie et acquiert des degrés de liberté supplémentaires selon un schéma connu et déjà tracé dans le cadre d'une théorie institutionalisée ; serait difficile ce qui nécessite de forger le chemin lui-même tout en marchant. Trouver son chemin en pleine montagne pourrait s'avérer compliqué, mais y tracer le chemin lui-même tout en avançant, est diffcile* » (p. 92)

respecte pas l'ordre attendu. Dans l'article « *L'ASI, analyseur et révélateur de la complexité cognitive* », cité plus haut, nous interprétons cette discordance en termes spécifiques de la situation géométrique en jeu. Mis à part cet exemple, la complexité dont l'analyse est poursuivie ici en étant quelque peu dépouillée de sa composante « désordre » qui l'accompagne généralement dans son acception courante.

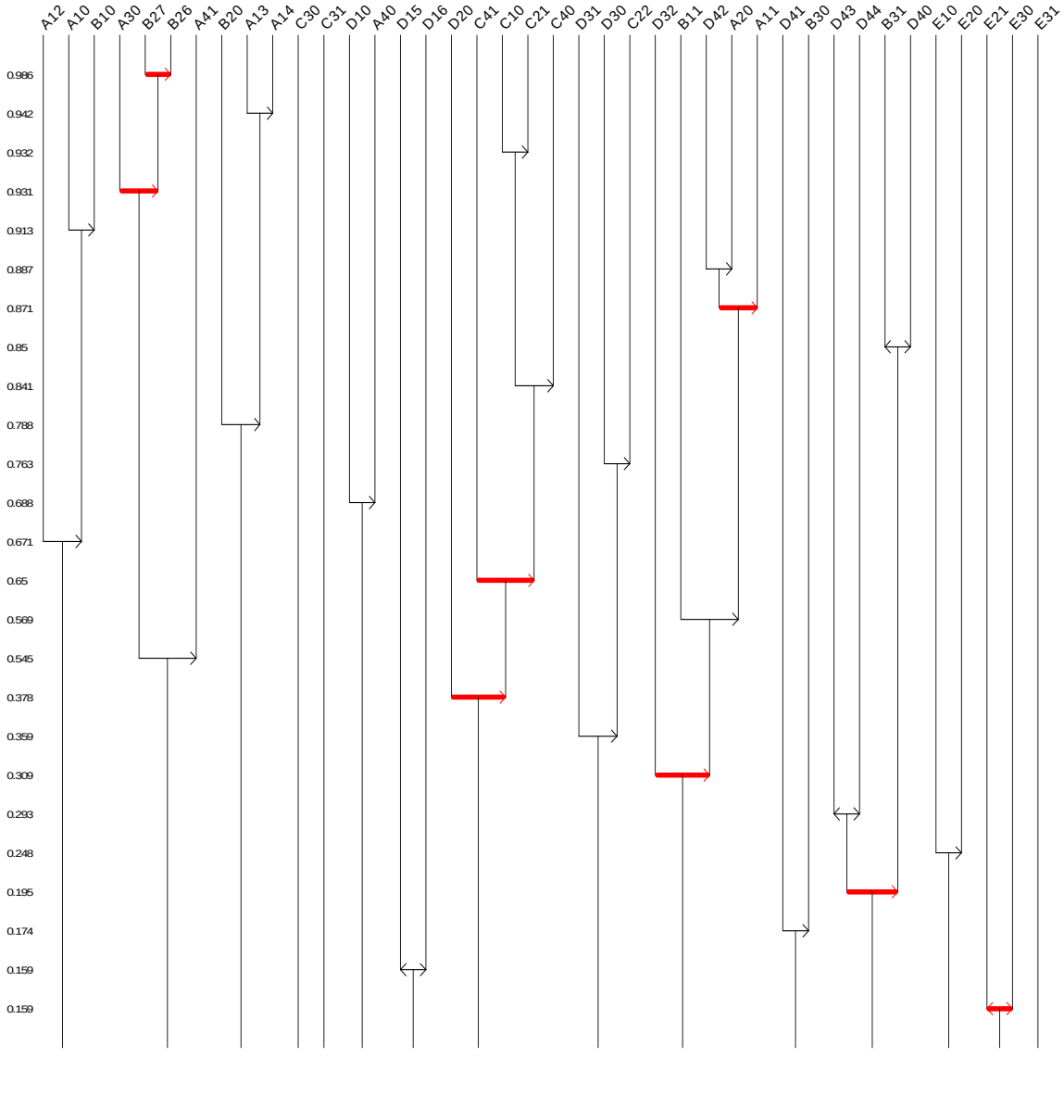
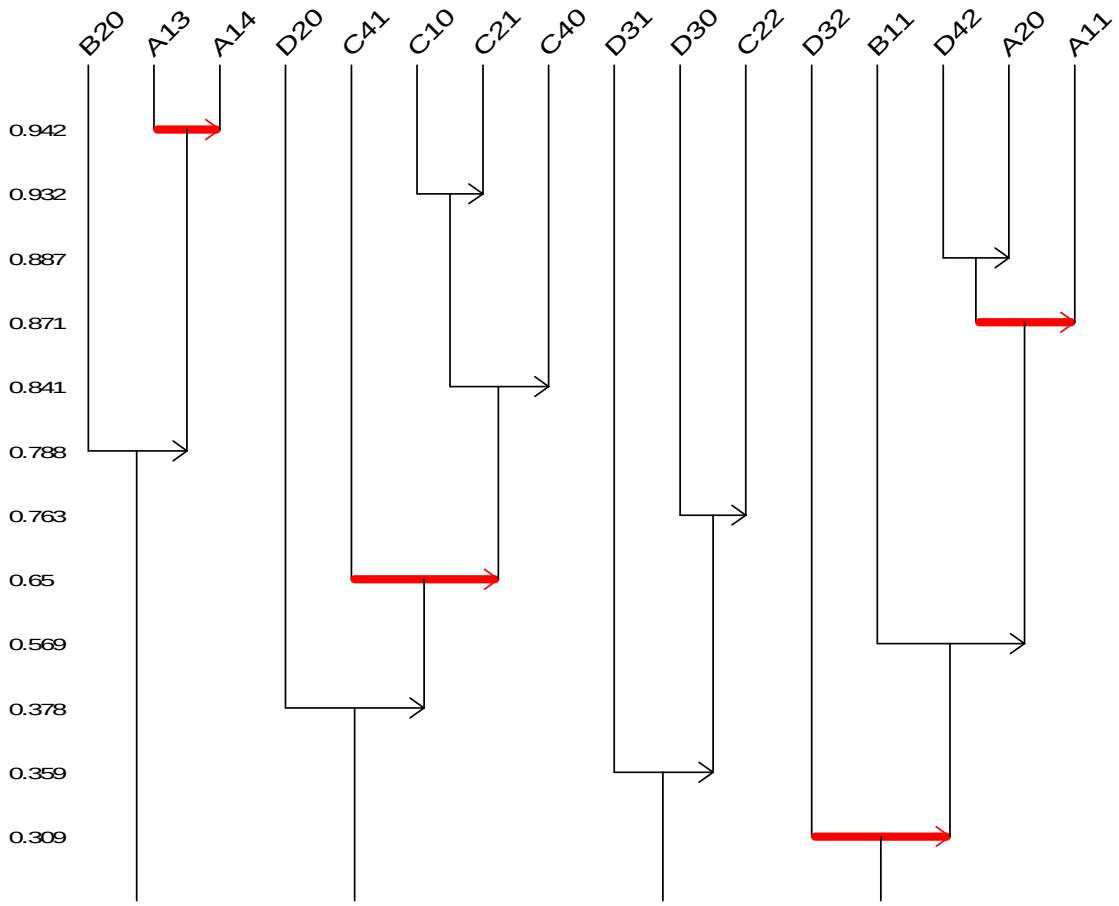


Figure - 2 Arbre cohésitif du fichier de données Thèse R.G. (40 variables binaires et 400 sujets)

Une première étude de la recherche d'une structure fractale à laquelle répondrait cet arbre selon la méthodologie énoncée dans le § 2, conduit à une dimension fractale de l'ordre de 2.3 avec une faible variance. Cette réponse nous a conduits à exécuter des calculs plus fins et confirmatoires sur un arbre réduit. Nous avons donc supprimé des variables peu représentées et conservé un fichier de 16 variables dont on donne ci-dessous (cf. Fig. 3) l'arbre cohésitif.



Arbre cohésitif : D:\Documents\Documents\Documents principaux\Quelques CHIC\chic7\Test thèse RG.csv

Figure - 3 Arbre cohésitif du fichier de données Thèse R.G. limité à 16 variables**.**

Cet arbre, réduit aux variables les plus significatives, montre clairement le respect de la taxonomie. Par suite, on peut affirmer qu'il est un bon modèle de la complexité cognitive dans l'apprentisage des mathématiques pour des élèves de collège. Il semble donc que l'arbre cohésitif soit un fidèle avatar de la taxonomie comme nous l'avons montré avec le graphe implicatif dans l'article « *L'ASI, analyseur et révélateur de la complexité cognitive* » cité ci-dessus.

Nous précisons ci-dessous les données numériques qui permettent d'établir puis de conforter l'hypothèse de fractalité de l'arbre cohésitif de la Fig. 3.

Niveau de l'arbre	Indice de cohésion C à ce niveau	Nombre N de classes pour coh >= C	D calculé **D_c=logN/log(2/c)**
2	0.932	2	**0.908**
3	0.887	3	**1.35**
4	0.871	5	**1.94**
5	0.841	6	**2.07**
6	0.788	8	**2.23**
7	0.763	9	**2.28**
8	0.65	12	**2.21**
9	0.569	15	**2.15**
10	0.378	19	**1.77**
11	0.359	21	**1.77**
12	0.309	25	**1.72**

Tableau - 2 Détermination de la dimension de l'arbre

Il en ressort, pour la dimension calculée, une moyenne de 2 avec un écart-tye 0.22. Eu égard à cet écart-type relativement faible, on peut encore conjecturer une structure fractale de l'arbre cohésitif avec une dimension égale à 2, qui est celle du plan euclidien alors que ce n'est généralement pas le cas.

Comme nous l'avons vu dans la remarque 1 de la section 3, nous pourrions, en toute hypothèse, en repartant de cette dimension et de cet arbre de la figure 3, reconstituer tout ou partie de la figure 2 afin de faire émerger des niveaux intermédiaires, sous-niveaux perdus ou égarés par l'exigence des occurrences.

5 Conclusion

Comme nous avons attiré l'attention du lecteur usager d'un graphe implicatif obtenu par CHIC, sur sa perception de type poupées gigogne, nous engageons le lecteur à percevoir aussi l'arbre cohésitif de la même façon en jouant sur l'effet de la résolution au sens photographique. Dans cet exercice photographique, on agit sur la variable profondeur de champ permise par la géométrie fractale structurante du graphe, c'est-à-dire satisfaisant la théorie de la relativité d'échelle. Mais cette qualité métaphorique de l'arbre semble s'accompagner, comme le graphe, d'une propriété opératoire débouchant sur une conjecture dont des recherches futures pourraient s'emparer et approfondir. Il nous semble possible, par exemple, d'identifier des niveaux intermédiaires dans un processus de construction d'un savoir.

La conceptualisation, construction de la raison, est un phénomène évolutif « qui progresse, non de façon continue et linéaire, comme le croyait l'ancien rationalisme, *mais de la façon kuhnienne, c'est-à-dire par mutation/réorganisation profonde* », nous dit E. Morin dans [13]. Il reprend ensuite : « *Piaget avait bien vu ce caractère « génétique » de la raison…qui écrivait : « la raison elle-même ne constitue pas un invariant absolu, mais s'élabore par une suite de constructions opératoires créatrices de nouveautés et précédées par une suite ininterrompue de construtions préopératoires tenant à la coordination des actions et remontant éventuellement jusqu'à l'organisation morphogénétique et biologique en général »* ». On croirait lire les principes fondamentaux de la théorie des équilibres ponctués des lois de l'évolution !

Ainsi, contrairement à ce qu'offrent les méthodes classiques symétriques hiérarchiques, dont les niveaux de classification sont les seuls fruits de l'algorithme de base, en revanche la méthode cohésitive fournit une image d'échelle, c'est-à-dire significative d'un ordre ponctué sous-jacent, se développant par sauts comme l'évolution. Elle ajoute un volet supplémentaire à la notion philosophique de *points de vue,* c'est-à-dire « d'où l'on regarde ». Et ceci en mobilisant deux facettes opposées, mais conciliées ici, de la pensée algorithmique et la pensée géométrique. La remarque ci-dessus est en parfait accord, apparemment dans un autre domaine, avec la conjecture de Jean Chaline[10] [15], paléontologue et généticien, « *qui décrit une nouvelle théorie de l'évolution* » comme l'énonce Jean Staune dans [16]. Jean Staune écrit plus loin : «*…loi d'évolution des systèmes critiques qui semblent gouverner à grande échelle l'évolution de la vie mais également celle de l'univers et des activités humaines. La répartition des événements majeurs d'une lignée suit une loi log-périodique…* » (p. 255). On trouvera dans l'Annexe 3 un extrait du livre de Jean Chaline sur sa théorie de l'évolution.

La géométrie fractale est également à l'œuvre dans la description de la théorie de l'inflation cosmologique. *« L'image actuelle de l'univers n'est pas celle d'un gros ballon, mais plutôt d'une structure croissant de manière fractale* » écrit Andrei Linde dans *« La complexité, vertiges et promesses* » de R. Benkirane [6]. On constate ainsi la puissance interprétative, métaphorique, dynamique et opératoire de la géométrie fractale de l'arbre cohésitif, là où la géométrie métrique greco-latine reste ou resterait muette. Autre constat : elle semble adéquate à représenter les phénomènes de conceptualisation. De plus, <u>son opérativité,</u> soulignée dans la remarque 1 du §3, peut rejoindre celle que nous citons dans notre réflexion sur l'évolution et que nous abordons dans l'Annexe 3. Nous y reviendrons dans d'autres travaux.

Références

[1] *Analyse Statistique Implicative, Points de vue conceptuels, applicatifs et* méta*phoriques*, (2017) Eds. Régnier J.-C., Gras R., Couturier R., Bodin A., ASI 9, IUT Belfort-Montbéliard.

[2] Nottale, L., (2002), « La relativité d'échelle », entretien dans « *La complexité, vertiges et promesses* » de Benkirane, Paris, Le Pommier,

[3] Bachelard Gaston, (1972), *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : J.Vrin.

[4] Queiros-Condé D., Chaline J., Dubois J. (2015), *Le Monde des Fractales.* Paris : Ellipses.

[5] Mandelbrot B., (1995), *Les objets fractals, Forme, hasard et dimension*. Paris : Champs Sciences, Flammmarion.

[6] Morin E., (2005), *Introduction à la pensée complexe*. Paris : Seuil.

[7] Benkirane, R. (2002), *La complexité, vertiges et promesses*. Paris : Le Pommier.

[8] Gras R, (2018), Hiérarchie de règles et conceptualisation, in *La théorie de l'analyse statistique implicative ou l'invraisemblance du faux*. Toulouse : Cépaduès Editions.

[10] « *Généalogie et génétique la saga de l'humanité* » [13], pour mettre en évidence l'existence d'une structuration fractale possible de l'évolution.

[9] Richardson L. F., (1961), The problem of contiguity: an appendix of statistics of deadly quarrels, *General Systems Yearbook, 6* ; 139-167.

[10] Bodin A.et Gras R., (1999), Analyse du préquestionnaire enseignants avant EVAPM-Terminales, *Bulletin n°425 de l'Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public*, 772-786, Paris

[11] Gras R. (2018). Dimension fractale d'un graphe implicatif, in *La théorie de l'analyse statistique implicative ou l'invraisemblance du faux*. Toulouse : Cépaduès Editions

[12] Gras R., (1979), *Contribution à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs didactiques en mathématiques,* Thèse d'Etat, Université de Rennes 1.

[13] Morin E. (2015), *Penser global*. Paris : R. Laffont.

[14] Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactiques des Mathématiques, 10* (23), 133-170.

[15] Chaline J. (2014), *Généalogie et Génétique.* Paris : Ellipses.

[16] Staune J. (2007), *Notre existence a-t-elle un sens ?* Paris : Presses de la Renaissance.

Annexe 1

PREQUESTIONNAIRE AVANT EVAPM Terminale

L'APMEP (Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public) conduit une profonde et continue réflexion sur l'enseignement des mathématiques au lycée. Elle souhaite recueillir l'opinion du plus grand nombre possible de professeurs de mathématiques. Les résultats nous aideront aussi dans la préparation de l'opération EVAPM Terminale.

Les conclusions seront publiées dans un prochain BGV (Bulletin) et sur le site INTERNET de l'APMEP :

http:/www.univ-lyon1.fr/apmep

An nom de quelle série répondez-vous :.....

(Vous pouvez, bien sûr, répondre pour plusieurs séries, mais utilisez un questionnaire par série)

I Objectifs de la formation mathématique

A votre avis, quels sont les objectifs essentiels de la mission d'un professeur de mathématiques dans la série pour laquelle vous répondez. Pour répondre à cette question, classez par ordre préférentiel décroissant de 1 à 6 (1 : le plus important,...) six des objectifs majeurs de cette formation en les choisissant parmi les objectifs proposés ci-dessous :

A- acquisition de connaissances

B- préparation à la vie professionnelle

C- préparation à la vie civique et sociale

D- préparation aux examens, concours, au passage dans l'enseignement supérieur

E- développement de l'imagination et la créativité

F- développement de la capacité à prouver et valider sa preuve

G- développement de la capacité d'accepter des points de vue différents

H- développement de la volonté et la persévérance

I- développement de l'esprit critique

J- développement de la capacité à communiquer avec objectivité, clarté et précision par des modes de représentation divers

K- développement de compétences utiles dans les autres disciplines

L- développement de la pratique de calculs formels, donc sans nécessité de signification

M- développement de la capacité à mathématiser et à formaliser

N- acquisition de savoir-faire

O- participation au développement d'une culture générale

Réponse (par exemple : 1 : **I,** 2 : **G,** 3 : **M,** 4 : **D,** 5 : **A,** 6 : **J)**

1	2	3	4	5	6

Les objectifs ci-dessus vous paraissent-ils pertinents (PER): OUI NON (entourez votre choix). Si non, précisez lesquels en utilisant le codage proposé : .....

II Votre opinion sur des....opinions

Voici quelques opinions entendues dans la salle des profs. Vous pouvez être d'accord, ou un peu d'accord ou pas d'accord avec l'une ou l'autre. Entourez votre choix :

1-(OP1) C'est vrai que les math constituent un instrument de sélection excessif.
D'ACCORD UN PEU D'ACCORD PAS D'ACCORD

2-(OP2) An bac, je préfère qu'il y ait un grand problème avec plusieurs parties plutôt qu'un ensemble de petits problèmes indépendants.
D'ACCORD UN PEU D'ACCORD PAS D'ACCORD

3-(OP3) Dans ma notation, j'attache plus d'importance à la démarche qu'au résultat.
D'ACCORD UN PEU D'ACCORD PAS D'ACCORD

4-(OP4) Quand je corrige, j'aime bien un barème très détaillé sur les résultats à obtenir.
D'ACCORD UN PEU D'ACCORD PAS D'ACCORD

5-(OP5) La démonstration est la seule façon rigoureuse de faire des mathématiques.
D'ACCORD UN PEU D'ACCORD PAS D'ACCORD

6-(OP6) Je préfère des programmes bien définis indiquant ce que je dois et ce que je ne dois pas faire.
D'ACCORD UN PEU D'ACCORD PAS D'ACCORD

A la sortie de la terminale de la série sur laquelle vous répondez, un élève devrait....

7-(OP7)..pouvoir reconnaître si un nombre entier écrit dans la base 10 est divisible par 4.
D'ACCORD UN PEU D'ACCORD PAS D'ACCORD

8-(OP8) ....pouvoir donner un exemple ou un contre-exemple personnels à l'affirmation : "si deux applications *f* et g sont strictement croissantes sur un intervalle, l'application produit *fxg* y est également croissante".
D'ACCORD UN PEU D'ACCORD PAS D'ACCORD

9-(OP9) ...avoir appris à faire un test statistique pour pouvoir réfuter ou accepter l'hypothèse d'adéquation d'une loi théorique à une distribution empirique.
D'ACCORD UN PEU D'ACCORD PAS D'ACCORD

10-(OPX) ...estimer à vue, à 30% près, le périmètre et l'aire du plancher ainsi que le volume de la salle de classe.
D'ACCORD UN PEU D'ACCORD PAS D'ACCORD

Annexe 2

Taxonomie d'objectifs cognitifs[11]

TABLEAU D'OBJECTIFS COGNITIFS

CATEGORIES	RUBRIQUES	OBJECTIFS	ACTIVITES ATTENDUES
(A) Connaissance des outils de préhension de l'objet et du fait mathématiques	A_1	Connaissance de la terminologie et du fait spécifique	associer assembler
	A_2	Capacité d'action intériorisée sur l'évocation d'une forme physique du concept	simuler observer
	A_3	Capacité de lire des cartes, des tableaux, des graphiques, des notices	déchiffrer décrire
	A_4	Effectuation d'algorithmes simples	organiser, calculer
(B) Analyse de faits et transposition	B_1	Substitution d'une démarche représentative à une manipulation Anticipation graphique	abstraire prolonger induire
	B_2	Reconnaissance et usage d'une relation implicite simple où intervient l'objet mathématique connu	analyser comparer
	B_3	Traduction d'un problème d'un mode dans un autre avec interprétation	schématiser,traduire transposer
(C) Compréhension des relations et des structures	C_1	Compréhension du concept, de ses relations avec les autres objets mathématiques	reconnaître construire
	C_2	Compréhension d'un raisonnement mathématique : justification d'un argument	justifier
	C_3	Choix et ordonnancement d'arguments	déduire
	C_4	Application dans des situations familières	analyser,abstraire appliquer,interpoler
(D) Synthèse et Créativité	D_1	Effectuation et découverte d'algorithmes composites et de nouvelles relations	organiser,calculer optimiser
	D_2	Construction de démonstrations et d'exemples personnels	illustrer,démontrer, valider,créer, inventer
	D_3	Découverte de généralisations	généraliser,induire, prévoir,extrapoler
	D_4	Reconnaissance du modèle et applications dans des situations non routinières	modéliser,identifier,différencier, classifier,résumer
(E) Critique et Evaluation	E_1	Distinction du nécessaire et du suffisant	formuler des hypothèse, déduire
	E_2	Critique de données et de méthodes ou de modèles résolvants	contrôler,optimiser, prévoir,critiquer, questionner,vérifier
	E_3	Critique d'argumentation et construction de contre-exemple	critiquer,tolérer contredire

[11] Cette taxonomie a été établie et évaluée par Régis Gras et présentée dans sa thèse de 1979. Elle a été reprise par Antoine Bodin et publiée dans les brochures de l'Association de Professeurs de mathématiques (APMEP).

EVOLUTION DARWINIENNE ET CLASSIFICATION ORIENTEE A.S.I.

Régis GRAS[1], Laurence NDONG[2]

DARWINIAN EVOLUTION AND ORIENTED CLASSIFICATION A.S.I.

RÉSUMÉ

Par un retour sur la notion de relativité d'échelle qui a servi à offrir au graphe implicatif une métaphore de figure fractale, en précisant les propriétés de la loi log-périodique, on montrera l'intérêt de la hiérarchie orientée pour étudier de façon différente la représentation de l'évolution, au sens de Darwin et des conceptions des équilibres ponctués. Ce texte prolongera nos études antérieures d'une part sur les phénomènes de conceptualisation, d'autre part sur l'évolution des primates. Il sera précédé d'un rappel culturel et académique de la façon dont des paléontologues et des embryologistes contemporains construisent l'arbre de vie. On s'appuiera sur la nature fractale des lois de l'évolution. Mais, contrairement à la représentation actuelle de l'ordre d'apparition des êtres vivants eux-mêmes, nous classifierons leurs propriétés selon une hiérarchie cohésitive et inverserons ainsi la connaissance de ces êtres par les bouquets de propriétés qu'ils privilégient. L'arbre cohésitif apparaîtra comme autre type d'arbre de vie, de fonctionnalité différente et comme une représentation de la composante ontogénétique de la conceptualisation.

Mots-clés : *arbre cohésitif, hiérarchie cohésitive, arbre de vie, relativité d'échelle, auto-similarité, loi log-périodique, fractal, temps critique, phylogenèse, ontogenèse, conceptualisation.*

ABSTRACT

By a return to the notion of relativity of scale which has served to offer to the implicative graph a metaphor of fractal figure, by specifying the properties of the log-periodic law, we will show the interest of the hierarchy oriented to study in a different way. the representation of evolution, in the sense of Darwin, and the conceptions of punctuated equilibria. This text will extend our previous studies on the one hand on the phenomena of conceptualization, on the other hand on the evolution of primates. It will be preceded by a cultural and academic reminder of how paleontologists and contemporary embryologists are building the tree of life. We will rely on the fractal nature of the laws of evolution. But, contrary to the current representation of the order of appearance of living beings themselves, we will classify their properties according to a cohesive hierarchy and thus reverse the knowledge of these beings by the clusters of properties they privilege. The cohesive tree will appear as another type of tree of life, of different functionality and as a representation of the ontogenetic component of conceptualization.

Keywords: *cohesive tree, cohesive hierarchy, tree of life, scale relativity, self-similarity, log-periodic law, fractal, critical time, phylogeny, ontogenesis, conceptualization.*

[1] Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes, Équipe DUKE Data User Knowledge, Laboratoire LS2N UMR 6241, Site de la Chantrerie, rue C. Pauc, BP 44306, Nantes cedex 3,
e-mail : regis.gras@univ-nantes.fr et regisgra@orange.fr

[2] Laboratoire de Recherche en Éducation, ENS de Libreville ; laurence.ndong@gmail.com

1 Introduction

L'objectif de cet article est double :

1° montrer l'analogie, voire la fonction métaphorique de l'évolution des êtres vivants avec la conceptualisation au sens du cognitivisme,

2° montrer le rôle opératoire de l'arbre cohésitif pour décrire et analyser des processus temporels non réversibles, en l'occurrence l'évolution au sens de Darwin et ses successeurs.

Cet article s'appuie sur deux textes parus dans les actes de ASI 9 [1]. Nous renvoyons, tout d'abord à la communication intitulée : « *Dimension fractale du graphe implicatif* **»** qui a montré que le graphe implicatif présentait une structure fractale lorsqu'a été choisi un modèle du graphe en tant qu'assemblage non symétrique de règles (cf. les travaux fondateurs sur la géométrie fractale de B. Mandelbrot [2][3] qui nous ont inspirés)**.** Nous renvoyons aussi à notre courte étude que nous avons présentée : *« Classification des primates et classification hiérarchique orientée de l'ASI* ». La conclusion, de ce dernier papier, laissait entrevoir des prolongements au mode de classification des êtres vivants. La représentation arborescente cohésitive en serait l'allié. Nous rappelons la conclusion de cette communication :

« Il serait prématuré à partir de cette étude de généraliser les conclusions auxquelles nous sommes arrivés. Cependant, on pourrait à partir de l'A.S.I. et de son arbre cohésitif retrouver et/ou anticiper les règles d'un développement[3], comme nous l'avons fait pour la conceptualisation (cf. [4] Gras et al. 2017)-donc les mêmes classes qu'en phylogénie, le même ordre donné par la loi de l'évolution darwinienne. Les deux méthodes pourraient ainsi être complémentaires. Mais plus encore, la compatibilité, peut-être quelque peu réductionniste, nous semble se prolonger avec la nouvelle théorie des équilibres ponctués, qui questionne la théorie darwinienne classique, par les caractères dynamique, discontinu, chaotique et non linéaire que cette théorie et l'ASI partagent. La réflexion reste ouverte. Mais d'ores et déjà, nous pouvons confirmer que CHIC et son modèle théorique, l'ASI, jouent bien un double rôle d'analyseur et de révélateur de structures orientées. En particulier, à l'instar de ce que nous venons de voir avec l'évolution de la vie biologique, il nous semble possible de le transférer dans l'étude de l'évolution de la société, c'est-à-dire, sans spéculation métaphysique, dans le cadre paradigmatique évolutionniste. Le fondement de la convergence entre éléments et relations de plusieurs ensembles repose sur le fait, comme l'affirme C. Lévi-Strauss [1988, p. 159], « qu'apparaissent des rapports invariants, tels que l'on puisse passer d'un ensemble à l'autre au moyen d'une transformation ».

2 Modélisation fractale de l'arbre de vie

Dans un premier temps, nous apporterons quelques éléments de connaissance en paléontologie, qui, pour décrire l'arbre de l'évolution, utiliseront le mode de représentation en ASI des règles généralisées en s'appuyant sur la géométrie fractale

[3] Le modèle mathématique que fournit l'A.S.I. permet la comparaison statistique du contingent et du théorique aux ordres du modèle. Au sujet de son application possible en biologie, Jean-Claude Ameisen déclare dans « Sur les épaules de Darwin, tome 2 » (p. 163, Fayard/Seuil) : « *A la recherche des régularités, des mécanismes et des relations de causalité qui rendent compte des formes et des comportements du monde vivant, la formalisation mathématique jouera un rôle de plus en plus important en biologie ».*

2.1 Hypothèse d'auto-similarité

Guidé, conforté et stimulé par le résultat précédent, nous avons voulu interroger les récentes connaissances paléo-biologistes qui affirmaient que l'arbre darwinien de l'évolution pouvait être muni d'une structure fractale sous l'effet d'une modélisation convenable. Ce résultat acquis, nous nous sommes interrogés sur la capacité qu'aurait l'arbre cohésitif à représenter, de façon hiérarchique, les données sous-tendant les étapes connues de l'évolution des espèces selon Darwin et ses successeurs. Si tel est le cas arbre de vie et arbre cohésitif auront des fonctions différentes et offriront des richesses informatives dotées de nuances.

Par ailleurs, la théorie darwinienne d'une évolution graduelle débouchant sur la formation d'espèces nouvelles a été remise en question dès le début du 19ème siècle car elle ne prenait pas en compte les discontinuités conduisant à de nouvelles espèces sous l'effet de mutations. En revanche, une espèce ayant été créée, on trouvera une évolution graduelle, donc a priori linéaire, soumise aussi à des sauts brusques, jusqu'à l'extinction de l'espèce. *« Les espèces peuvent rester en stase jusqu'au saut mutationnel suivant, produisant une nouvelle espèce* » écrivent Diego Queiros-Condé et al [5]. Cet écart par rapport au gradualisme total a conduit à un nouveau modèle dit des **équilibres ponctués** [4]selon lequel sera développé cet article, même si ses fondements sont darwiniens. Ce modèle appuiera l'analogie recherchée entre l'arbre de vie et l'arbre cohésitif.

Voyons quelle modélisation a été faite ayant permis de conférer à l'évolution une structure fractale de sa représentation arborescente. Nous nous sommes donc procuré deux références susceptibles de nous éclairer dans cette voie que nous jugeons intéressante : d'une part un gros ouvrage « Généalogie et Génétique » de Jean Chaline [6] ; d'autre part, un article, compte rendu de l'Académie des Sciences, ([7], n° 328-717-726) sous le titre « *L'arbre de vie a-t-il une structure fractale* ? ». Cet article corrobore notre conjecture et renforce la première approche portant sur l'évolution de l'espèce constituée des primates en l'intégrant à l'extension faite par J. Chaline sur ce qu'il appelle l'arbre global de la vie qui traduirait graphiquement l'évolution dans le temps des êtres vivants. Ce paléontologue et biologiste, à la recherche de lois statistiques susceptibles d'expliquer l'apparition des sauts au cours de l'évolution, se pose la question : « l'arbre de vie possède-t-il une structure mathématique ? ».

Pour ce faire, il s'appuie sur la métaphore végétale où tronc, branches, nœuds prennent place et dont L. de Vinci et B. Mandelbrot ont montré la structure fractale à travers un modèle mathématique. J. Chaline et L. Nottale ont cherché alors à montrer aussi que le modèle mathématique, auto-similaire, c'est-à-dire où se répètent les mêmes motifs, éventuellement par homothétie, satisfaisait, jusqu'à un certain point, cette fonction pour l'arbre de la vie. Il semble que ces deux auteurs et leur école n'aient pas pris ouvertement position dans la dispute opposant les tenants d'une représentation classique de l'arborescence de l'évolution et ceux qui sont attachés à une représentation

[4] « Suivant l'hypothèse de Niels Eldredge et Stephen Jay Gould, « une nouvelle espèce se forme lorsqu'une population à faible effectif se retrouve isolée. Par dérive génétique, elle évolue alors rapidement du fait de sa petite taille, c'est la ponctuation. En cas de réussite, son effectif augment ce qui diminue l'impact de la dérive génétique et ralentit donc la vitesse d'évolution de la population : c'est la stase. Ainsi dans un même groupe phylogénétique, on aurait, suivant les temps géologiques, des successions de périodes de stabilité et des périodes d'évolution rapide. Le concept d'équilibres ponctués fournissait donc un mécanisme intéressant pour expliquer les variations de vitesse d'évolution observées ». (« Pour la Science » n° 500, juin 2019)

phylogénétique dite **cladistique** (en clades[5])**.** Et pourtant leurs travaux montrent leur attachement à l'importance de la transformation dans le cadre de l'évolution plus que la ressemblance des caractères. Dans le premier cas, le cœlacanthe serait plus proche des humains que de la truite à l'opposé du second cas

Partant **des données paléontologiques**, évolutives elles-mêmes, le biologiste observe que l'évolution des espèces est globalement graduelle, ponctuée de latences mais aussi d'extinctions en masse. Selon la métaphore de l'arbre de la nature verte (tronc + branches), dans l'hypothèse de la conservation du flux de sève, celle-ci se diffuse le long d'un cylindre de rayon r_n au niveau n de bifurcation de l'arbre. A ce niveau la branche se subdivise en k sous-branches.

Il **postule** alors une relation caractéristique de l'invariance d'échelle si D était la dimension fractale et la sève intégralement et équitablement conservée :

$k.r_{n+1}{}^D = r_n{}^D$

Relation comparable à celle que nous avons introduite dans nos travaux précédents sous la forme donnée par Richardson [8] : $L(\eta) = \eta^D$, où $L(\eta)$ est la distance entre deux points mesurée avec un pas η et D est la dimension fractale [1].

2.2 Relativité d'échelle et loi log-périodique

En fait, cette invariance d'échelle est la traduction du principe de **relativité d'échelle** exprimé par L. Nottale dans les termes : « les lois de la nature doivent être valides quel que soit l'état d'échelle du système ». La géométrie qui en découle est celle d'un espace non différentiable, appelé fractal, où les longueurs dépendent explicitement (voir la relation ci-dessus) de l'échelle d'observation, la résolution, en tendant vers l'infini lorsque l'échelle tend vers zéro (voir l'exemple de la côte de Bretagne).

Plus précisément en s'inspirant du modèle ci-dessus, L. Nottale, J. Chaline et P. Grou [9] en adoptent le type de loi en toute hypothèse qui sera soumise à la validation expérimentale. Ils formalisent les lois de la nature dans des domaines assez différents dont celui des lois de l'évolution. La formalisation respecte certaines relations faisant intervenir le temps sous le nom de **lois log-périodiques** de façon plus ou moins marquée.[6,7] Ces lois sont caractérisées de façon identique par la propriété suivante.

Une évolution log-périodique présente des discontinuités (sauts) aux instants évolutifs Tn avec une accélération vers un **temps critique Tc** qui marque une sorte de crise[8], une transition, la fin du processus évolutif pour une branche donnée ou (et) une décélération depuis un temps critique Tc. Ceci n'empêche pas que des événements mineurs soient intervenus dans la même lignée mais ceux-ci ne préjugent pas la fin de son évolution. En particulier, T_c n'est pas un temps d'extinction de l'espèce.

Le **coefficient d'autosimilarité g**, rapport d'échelle, comparable à un rapport d'homothétie, comme $1/\eta$, est égal au rapport des rayons des branches, i.e. $g = r_{n+1}/r_n =$

[5] Un clade comprend tous les descendants d'un ancêtre et l'ancêtre lui-même

[6] L. Nottale, J. Chaline et P. Grou écrivent dans « Les arbres de l'évolution » : « Le résultat nouveau obtenu ici est que ce comportement est très bien décrit par une loi log-périodique typique d'une arborescence fractale telle qu'utilisée par Sornette [10] depuis 1995 pour la modélisation de nombreux phénomènes de crise. C'est ce type de loi mathématique que nous avons appliquée aux données paléontologiques. En outre, la loi obtenue est prédictive. » (p. 292)

[7] D'après Sornette [10], les lois de puissance utilisées en théorie des champs font apparaître des fluctuations log-périodiques non pas en fonction du temps mais du logarithme de son écart à une époque critique propre à chaque phénomène, manifestation d'une invariance d'échelle, appliquée au temps.

[8] Une crise dans la nature se rencontre lorsque l'eau passe de l'état liquide à l'état solide.

$k^{1/D}$. Mais par hypothèse retenue par Nottale d'auto-similarité, ce coefficient est aussi celui qui unit deux instants consécutifs à savoir : $g = (T_{n+1}-T_n) / (T_n-T_{n-1})$.

Disposant de données paléontologiques, g peut être estimée par :

$$g = (T_n-T_c) / (T_{n+1}-T_c).$$

alors que le **temps critique,** au moins peut-être jusqu'à une loi nouvelle**,** se déduit de $Tc = ((T_{n+1})g - T_n) / (g -1)$[9]. Par itérations successives, on obtient une formule permettant d'obtenir plus aisément des estimations de T_n :

$T_n = T_c + (T_0 - T_c)/g^n$ (1)

Par convention, la suite des instants T_n, T_{n+1}, T_{n+2}, … a pour origine le moment Tc de sorte que la valeur de g est toujours supérieure à 1. L.Nottale soutient l'hypothèse de constance de g au cours d'une évolution, au moins jusqu'à la crise, par un effet de mémoire qui fait passer d'une échelle Tn à la suivante. Il s'agit d'une optimisation sous contrainte.

2.3 Eléments de l'arbre de vie

Sur cette base, disposant de données paléontologiques, Chaline développe sa traduction en termes de datations des grands événements de l'arbre de vie phylogénétique. Il prouve alors que la suite des grandes étapes de l'évolution possède une structure fractale puisque les dates nodales satisfont une relation linéaire entre leurs logarithmes comme nous l'avons vu avec les mesures des côtes atlantiques de Richardson. Mais notons bien que l'hypothèse que la loi d'échelle instruite ci-dessus traduise la chronologie de l'arbre de vie ne présuppose pas un certain finalisme car elle est établie a posteriori en partant de l'homme moderne et en remontant le passé pour rencontrer les évènements nécessaires à son apparition. L.Nottale dit d'ailleurs ceci : *« Le finalisme apparent est donc la méthode elle-même* » (p. 330)

Evénements majeurs. Dates critiques évaluées à partir des données (Ma ou million d'années)

1 - Apparition de la vie –3500 ± 400
2 - Eucaryotes (noyaux) –1750 ± 250
3 - Pluricellularité –1000 ± 100
4 - Exosquelettes – 570 ± 30
5 - Tétrapodie – 380 ± 30
6 - Homéothermie – 220 ± 20
7 - Viviparité – 120 ± 20
8 - Primates – 65 ± 5

Tableau 1. Répartition des événements de l'arbre de vie jusqu'à l'apparition des primates.

Par exemple, Nottale et Chaline présupposent donc que pendant 60 à 70 Ma il n'y aura pas de changement majeur de l'espèce Primates. On place ci-dessous les points représentant 8 grandes espèces. Les deux axes cartésiens sont munis chacun d'une échelle logarithmique afin que les grandes valeurs chronologiques puissent être clairement représentées. En ordonnée (à droite), on trouve les temps observés variant de – 3000 Ma

[9] Remarquons que ces définitions sont données par les auteurs sans justification ni signification intuitive qui permettent de mieux appréhender les concepts. Ce défaut, bien partagé par les mathématiciens, nous semble préjudiciable à leur emploi et l'interprétation des résultats auxquels ils conduisent.

(ou – 3.0 Ga) à – 55 Ma. En ordonnée (à gauche) on trouve la valeur de -ln (T_c-T) correspondant à la valeur ordonnée de droite. En abscisse, on place (en bas) les 8 modalités des espèces considérées. L'abscisse du haut va porter les valeurs logarithmiques des périodes d'évènement à attendre jusqu'à l'apparition des primates. Ces valeurs ont été calculées à l'aide des estimations obtenues à partir des relations entre g et T_c. Un point du plan représente une espèce et le logarithme du temps séparant le saut évolutif majeur jusqu'à l'apparition des primates (T_c -T). On a estimé T_c 2.3 Ma et g = 1.73.

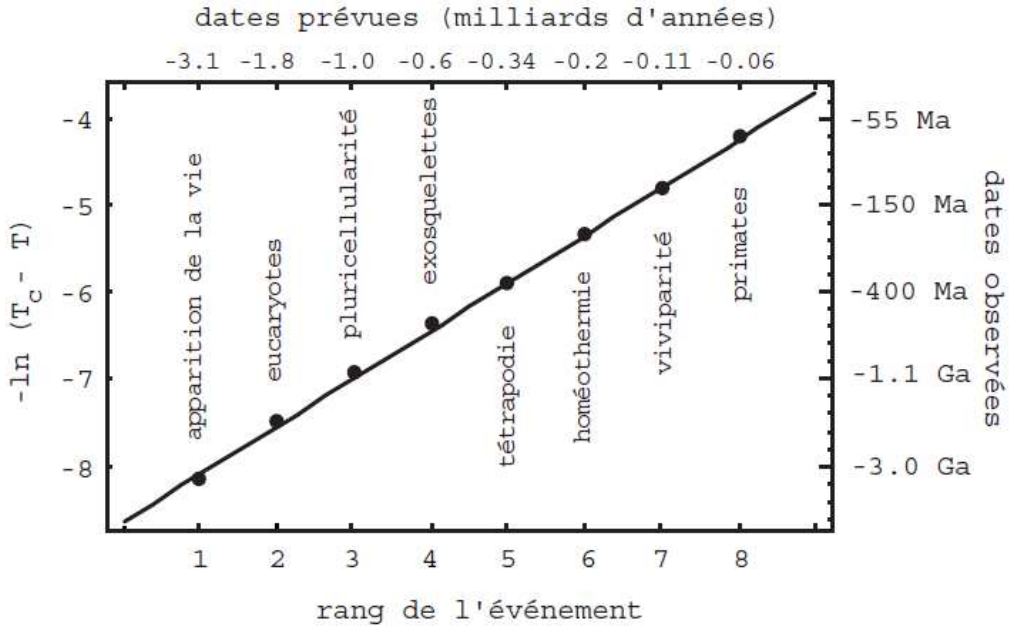


Figure. 1 : Répartition log-périodique des sauts évolutifs majeurs jusqu'à l'apparition des primates.

On note la parfaite corrélation entre le rang et ln (T_c -T). L'alignement des 8 points conforte l'hypothèse de structure fractale de l'arbre de vie et de l'adéquation de la loi aux données observées (cf. note 5 Introduction de l'article « Hiérarchie cohésitive et métaphore fractale » des actes ASI 10). On sait que cet alignement est une caractéristique de la nature fractale d'un phénomène. Cette première mise à l'épreuve de la loi dans le cas global de l'évolution a été renouvelée dans d'autres situations où les paléontologues possédaient des informations plus précises. Ce fut les cas, dont rendent compte Nottale, Chaline et Grou dans « Les arbres de l'évolution » [9] à savoir : les dinosaures sauropodes, les rongeurs, les équidés de l'Amérique du nord et des primates. Pour chacun de ces cas, les auteurs possédaient une valeur stable de la période critique T_c. Par exemple T_c = 203 Ma et g = 1.73 pour les primaties. De plus, sur la base des grands sauts évolutifs et de la loi fondamentale d'échelle, L. Nottale *et al*. ont observé un point manquant dans la répartition des sauts à – 10.5 Ma correspondant à l'ancêtre commun aux préhommes, préchimpanzés et prégorilles désigné aussi « chaînon manquant ». Bel exemple de vertu prédictive de la loi en attente de justification.

Encouragé par la validation de la nature fractale de l'arbre de vie, J. Chaline [7] se livre à l'exercice opératoire et prédictif pour estimer, le temps qui nous séparerait de l'élection d'un prochain saut majeur dépassant homo sapiens, ie l'homme moderne actuel. Il indique une valeur de l'ordre de 800000 à 1 Ma. Que nos descendants s'y préparent !

2.4 Modes de représentation de l’arbre de vie

Nous abordons dans les sections suivantes les modes de représentation

2.4.1 Mode en accord avec la métaphore de l’arbre

Le critère utilisé est celui de la ressemblance morphologique des êtres vivants. Une branche correspond à la possession d’un trait morphologique commun. La séparation entre plus petites branches correspond à l’apparition d’un trait qui conduit à un partage de l’arbre.

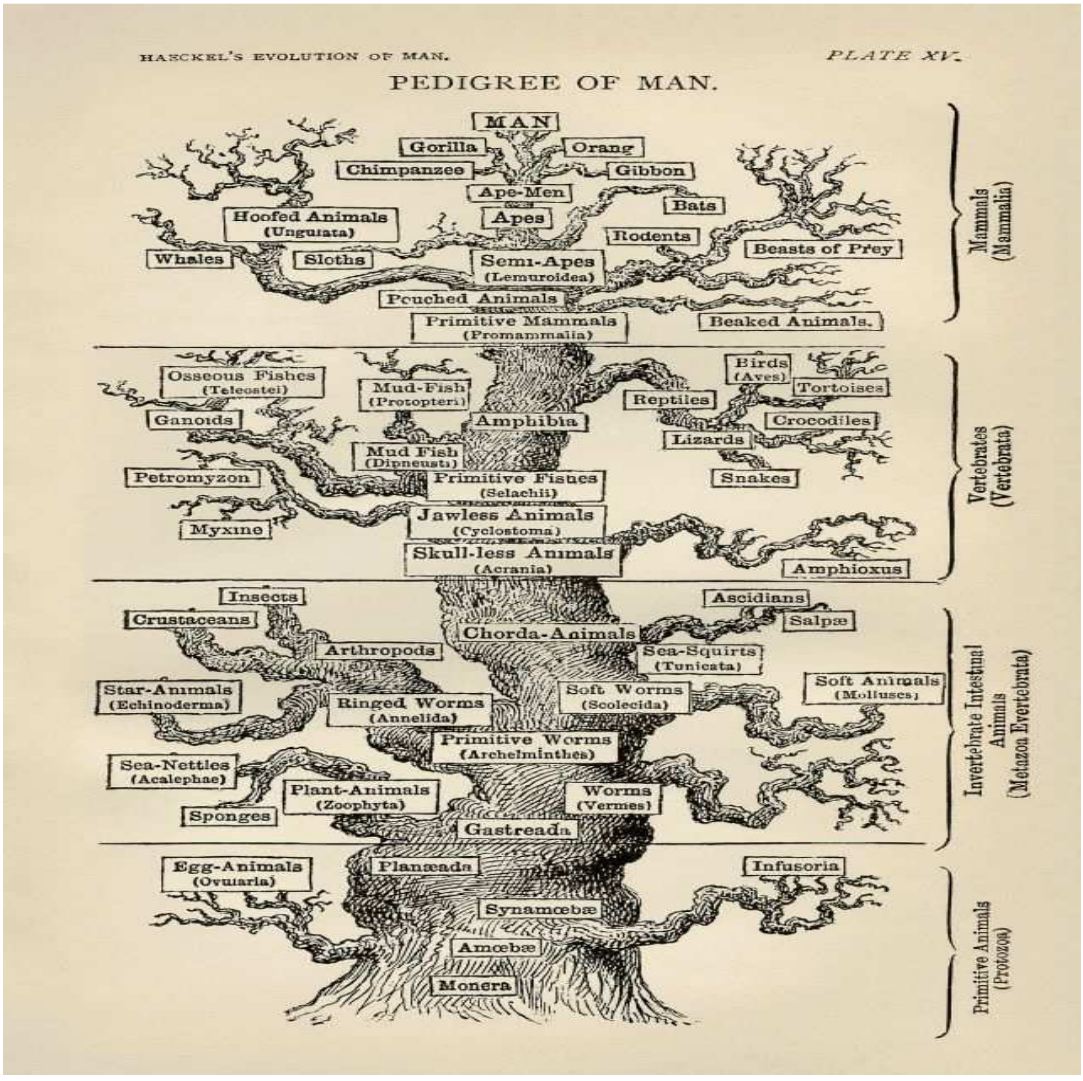


Figure 2 Arbre de l'évolution, par Ernst Haeckel (1834-1919). Crédit: Wikipédia

On trouvera dans l’ANNEXE une autre représentation de l’arbre de vie construite cette fois à l’aide d’un critère biologique (non déclaré) et non plus morphologique, correspondant mieux aux lois de mutation de l’ADN des êtres vivants. Notons, cependant, que toute construction est contestable car elle est basée sur des critères plus ou moins acceptés et objectivés par la communauté des biologistes. Nous montrons, lors de ASI 9, d’ailleurs dans le chapitre portant sur les primates un autre type de classification où sont inversées les variables. Nous y reviendrons dans le § 3.

2.4.2 Modes de hiérarchisation basés sur les paramètres biologiques

Cette étude de proximité entre espèces est faite à partir de données moléculaires concernant la **cytochrome c oxydase**[10] qui sera le critère retenu dans l'étude.

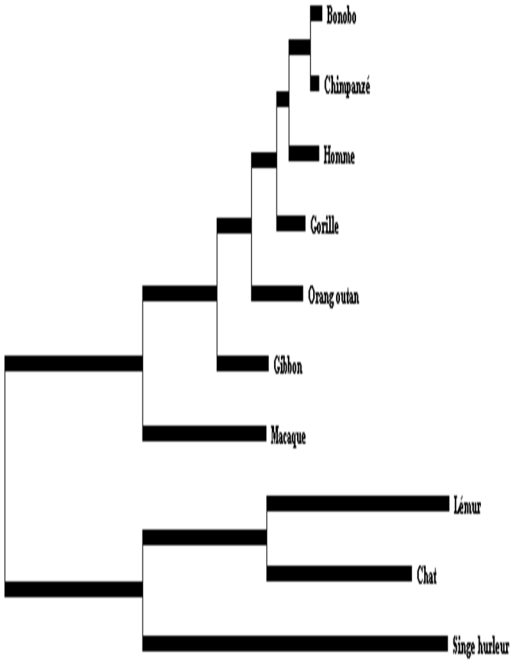


Figure 3.1

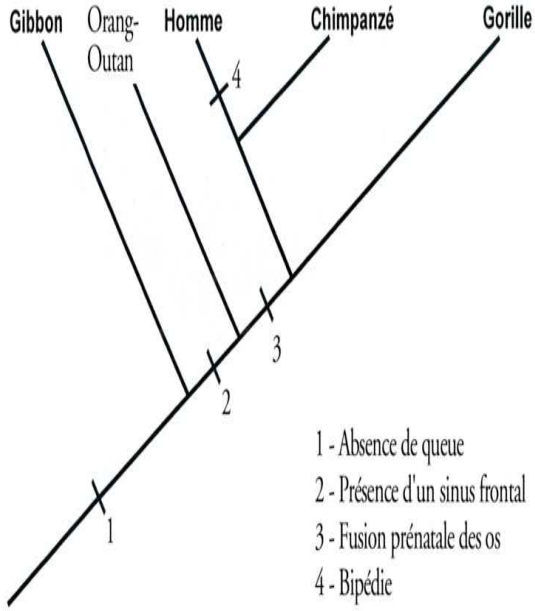


Figure 3.2

Arbre phylogénétique des primates avec le logiciel Phylogène. Source Wikipedia

2.5 Une application de la loi d'évolution

Cette application nous ramène dans le domaine du développement de l'enfant qui est privilégié parmi ceux sur lesquels opère l'ASI la plupart du temps.

Afin de tester l'invariance d'échelle dans le vivant (ontogenèse[11]), l'embryologiste, Roland Cash a construit le tableau ci-dessous à partir des différentes phases du développement humain depuis la fécondation jusqu'à l'autonomie en utilisant les données chronologiques, datées par les embryologistes et les pédiatres : tout d'abord les séquences du développement de l'embryon, puis les étapes du développement psycho-moteur. Nous laissons aux cognitivistes le soin de s'interroger sur l'éventuelle extension de cette présentation développementale à l'exploitation des travaux et résultats piagétiens.

[10] Une **cytochrome c oxydase**, encore appelée Complexe IV est une molécule transporteur d'électrons de la chaîne respiratoire. Elle est formée par l'union des cytochromes a et a_3. Elle transmet les électrons à l'accepteur final qui est l'oxygène.

[11] L'ontogenèse est le développement de l'individu, depuis l'œuf fécondé jusqu'à l'état adulte. (S'oppose à phylogenèse). La phylogenèse est la filiation des espèces vivantes au cours de l'évolution. Contrairement à des idées reçues, il existerait une interaction entre ces deux composantes de l'évolution. De nouveaux caractères d'une espèce, des innovations pourraient apparaître au cours du développement, c'est-à-dire de l'ontogénèse et s'introduiraient dans la dimension temporelle de la phylogenèse ([9], p. 175). N'observe-t-on pas ce phénomène dans le développement cognitif de l'homme où la familiarisation des enfants aux outils numériques a placé l'accès à ceux-ci à un stade concret alors que certaines personnes âgées les appréhendent formellement.

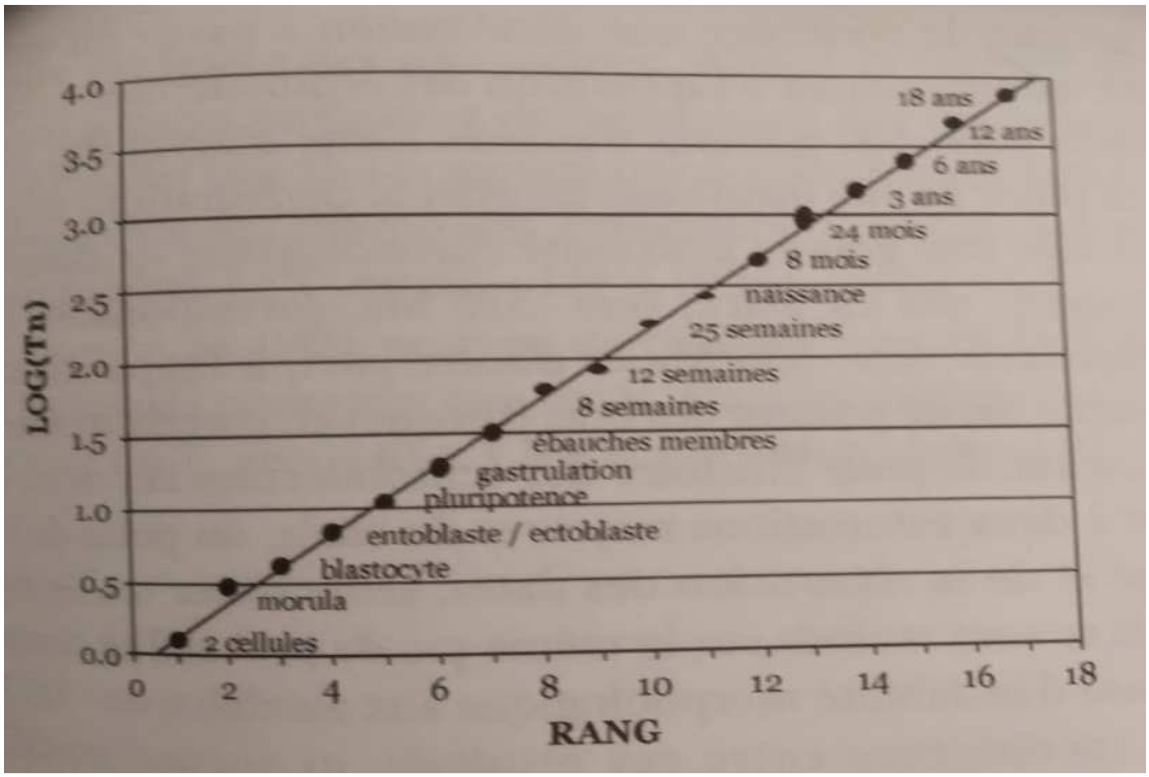


Figure 4 Répartition log-périodique des évènements de l'ontogenèse humaine de l'œuf à la maturité sexuelle (extrait de « *Le Monde des Fractales* » p. 305). Les temps T_n sont exprimés en jours.

Le travail présenté ci-après n'a pas été établi selon les formules de L. Nottale et J. Chaline. Les proximités entre sous-espèces sont établies sur des bases morphologiques comme l'ont été pendant longtemps celles qui ont conduit aux arbres de vie. Eventuellement, il serait intéressant de revenir sur les données fournies par L. Ndong et sur la méthodologie hiérarchique employée en utilisant le rapport d'échelle g donné par la recherche soit 1.736 ∓ 0.013 Ma et le temps critique propre aux primates $T_c = + 2.25 \mp 0.80$ Ma.

3 Application à nos données

Nous abordons le traitement de nos données dans notre cadre théorique ASI.

3.1 Test taxonomique

R. Gras a présenté lors du colloque ASI 9 [1] une communication intitulée : « *Dimension fractale d'un graphe implicatif* » (p. 143-153 des Actes). A partir de deux exemples, il a montré que la propriété fractale du graphe implicatif était observée et légitimait l'hypothèse de la généralisation de cette propriété. Celle-ci offrait au graphe une structure géométrique dont la dimension fractale, un invariant du graphe, n'était pas 2, dimension euclidienne, et, en même temps, conduisait à une autre représentation mentale intuitive d'un graphe dépouillé de son habit linéaire et symétrique.

L'un des exemples portait sur un test de mathématiques proposé à des élèves de 4ème (13-14 ans) destiné à opérationnaliser la taxonomie d'objectifs cognitifs de R. Gras. Plus de 400 élèves ont été concernés et interrogés à travers une quarantaine d'items portant sur

la notion de symétrie en géométrie et en algèbre. On a pu constater que la structure du graphe implicatif respectait le préordre de la taxonomie et répondait scrupuleusement à une géométrie fractale. S'est alors posée la question d'une structure fractale de cette hiérarchie relativement à la représentation des données du test par une hiérarchie cohésitive (Fig. 5).

Dans la communication de R. Gras présentée à ASI 10, « *Arbre cohésitif et métaphore fractale* », il a exploité le caractère orienté de la hiérarchie pour traduire :

- D'une part, la consistance croissante des niveaux d'attente des enseignants de mathématiques vis-à-vis des concepts à enseigner,
- D'autre part l'hypothèse taxonomique de niveaux d'acquisition cognitive d'un concept mathématique enseigné.

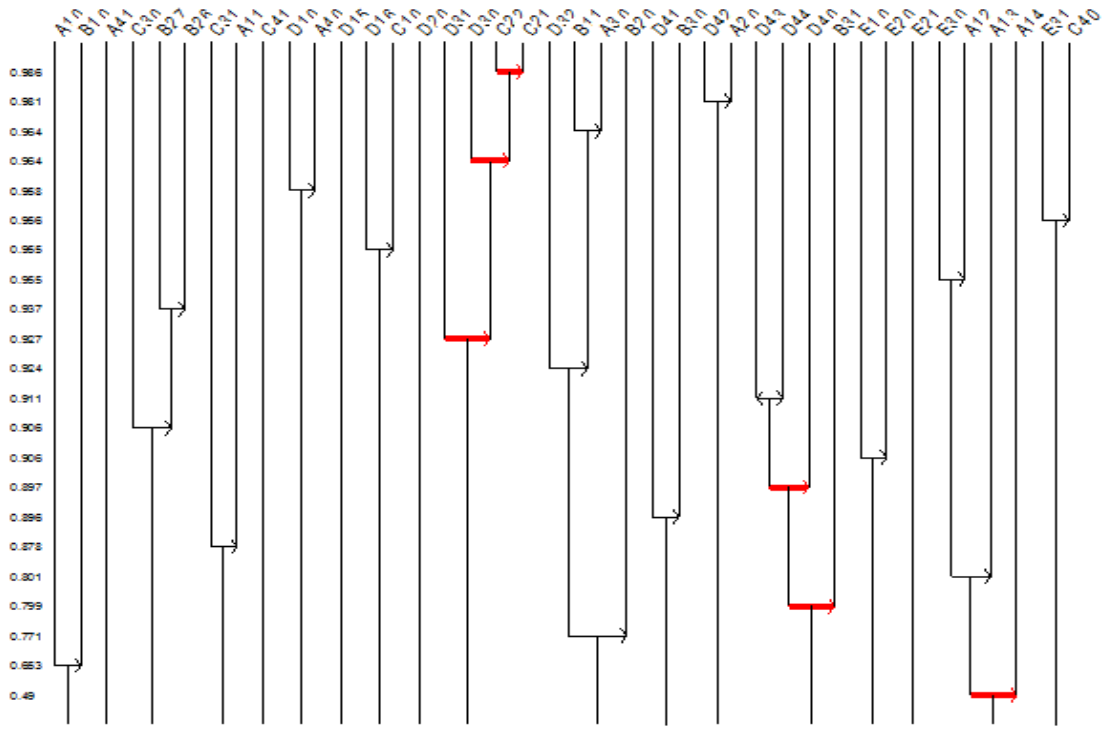


Figure 5 Hiérarchie cohésitive du test taxonomique

En outre, il a montré que la hiérarchie possédait une dimension fractale, propriété que l'on peut comparer à celle de la relativité d'échelle. En effet, à l'instar de ce que nous venons de voir avec l'évolution darwinienne, nous pouvons faire l'hypothèse d'une auto-similarité des données, légitimée par la stabilité de sa forme à différentes échelles et d'une loi log-périodique sous-jacente associant le logarithme du nombre N de classes et le niveau de la hiérarchie. Notons que la disjonction des classes de la hiérarchie, l'absence de linéarité de celle-ci sauf au sein de chaque classe, sont parfaitement compatibles avec le modèle des équilibres ponctués en faisant la place aux mutations génératrices du passage d'une classe cohésitive à une autre sans liaison mutuelle comme, par contre, on le trouve avec les hiérarchies des similarités classiques.

Tout en nous limitant aux variables les plus significatives en termes d'occurrence, nous obtenons le résultat suivant validant cette propriété. Le graphique 5 présente en abscisse le niveau d'une classe cohésitive (il y en a 12) et en ordonnée le log népérien du nombre N de sous-classes déjà formées à ce niveau.

Niveau de l'arbre	Nombre N de classes	ln N
2	2	0069
3	3	1.10
4	5	1.39
5	6	1.79
6	8	2.08
7	9	2.20
8	12	2.48
9	15	2.71
10	19	2.94
11	21	3.04
12	25	3.22

Tableau 2 Test taxonomique niveau-classes

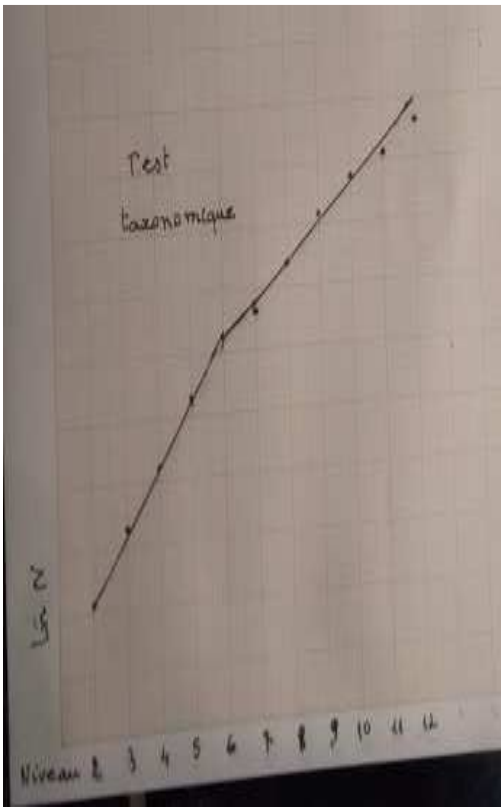


Figure 6 Test taxonomique Courbe (N, ln N)

On observe une quasi-linéarité de l'expression de la loi log-périodique confortant nos hypothèses exprimées plus haut. Ainsi, à travers trois représentations des données taxonomiques, nous confirmons la nature fractale des performances des élèves (cf. note 5 Introduction « Hiérarchie cohésitive et métaphore fractale »), indicatrices de niveaux de conceptualisation préordonnés portant sur la notion de symétrie chez des élèves de 13-14 ans. Et si le développement de la conceptualisation elle-même, à l'instar de l'ontogénèse (Fig. 4), de la phylogénèse (Fig. 1), présentait une structure fractale suivant une loi log-périodique et une relativité d'échelle ? **Et si le modèle des équilibres ponctués se réalisait dans les phénomènes de développement cognitif avec sa sensibilité à l'environnement, ses phases de stases d'assimilation et ses sauts de discontinuité conduisant d'un niveau à un autre plus général, plus complexe, plus fonctionnel** ? Serait-ce ainsi que l'ontogenèse rejoindrait la phylogénèse ? Comment ne pas penser au développement cognitif, constitué de stades successifs, de points d'arrêt, de branches différentielles, décrit par J. Piaget ? Nous rencontrons la même interrogation que celle déjà formulée dans le § 2.5.

3.2 Hiérarchie des primates

Dans le texte des Actes ASI 9, R. Gras a souligné l'intérêt opératoire de la propriété fractale du graphe implicatif : inférer la connaissance empirique de la dimension fractale à des graphes construits selon des seuils implicatifs variables, inférence portant sur l'estimation du nombre de règles non encore extraites. Comme nous l'avons dit, avec

Laurence Ndong, nous avons lors d'une communication de ASI 9[12], entrepris de présenter un autre type de classification : au lieu de classifier les êtres vivants nous avons choisi de classifier leurs propriétés, en l'occurrence les propriétés morphologiques phénotypiques, faute de disposer d'autres informations de type biologique. Nous avons obtenu une hiérarchie cohésitive pour représenter la classification des propriétés des primates. Grâce à l'ASI et son outil logiciel CHIC nous pouvons en outre identifier les sujets qui ont contribué, préférentiellement à la constitution des classes de propriétés. Il s'agit donc d'une autre façon de classer les espèces et les éléments qui en relèveraient.

Nos connaissances limitées en paléontologie et en biologie ne nous permettent pas de présenter un autre type d'arbre de vie complet sous-jacent à l'évolution au sens de Darwin, sous la forme d'un arbre cohésitif alors que, comme le montre le livre *« Généalogie et Génétique* » [6], et comme nous l'avons constaté ci-dessus, l'arbre de vie n'est manifestement pas linéaire ou composé de classes emboîtées. Mais, tout comme nous le voyons avec le phénomène de conceptualisation, éminemment dynamique, les classes s'organisent aussi selon un préordre. Celui-ci peut alors être représenté par un graphe orienté ou par une hiérarchie orientée. C'est aussi pour cette raison que les solutions graphiques de l'ASI sont préférables aux solutions fournies généralement dans les ouvrages qui traitent les lois de l'évolution en laissant penser à une symétrie ou une réversibilité des propriétés, ce qui est manifestement faux.

L'échantillon de singes retenu est composé des animaux suivants : Toupaïe, Maki, Indri, Tarsier, Saki, Macaque, Babouin, Homme, Gorille, Bonobo, Orang-outan et Chimpanzé.

Les caractères retenus sont les suivants :

1. Présence ou absence d'ongle et de pouce opposable ;
2. Orbites fermées ou ouvertes ;
3. Présence ou absence de nez ;
4. Présence ou absence de narines rapprochées ;
5. Présence ou absence de queue.

Les variables binaires qui caractérisent les sujets, sont les suivantes :

Ongpop1 :	Présence d'ongle / pouce opposable
Ongpop2 :	Absence d'ongle / pouce opposable
Nez1 :	Présence de nez
Nez2 :	Absence de nez
Orfer1 :	Orbites fermées
Orfer2 :	Pas d'orbites fermées
Narap1 :	Présence de narines rapprochées
Narap2 :	Absence de narines rapprochées
Queue 1 :	Présence de queue
Queue 2 :	Absence de queue

Tableau 3 - Variables binaires des traits.

L'arbre phylogénétique ci-dessous a été obtenu à partir du logiciel « Phylogène [13]». On trouvera en ANNEXE 2 un arbre plus détaillé.

[12] (Actes de ASI 9, chapitre « Classification des primates et Classification hiérarchique orientée de l'A.S.I. »).

[13] http://acces.ens-lyon.fr/evolution/logiciels/phylogene

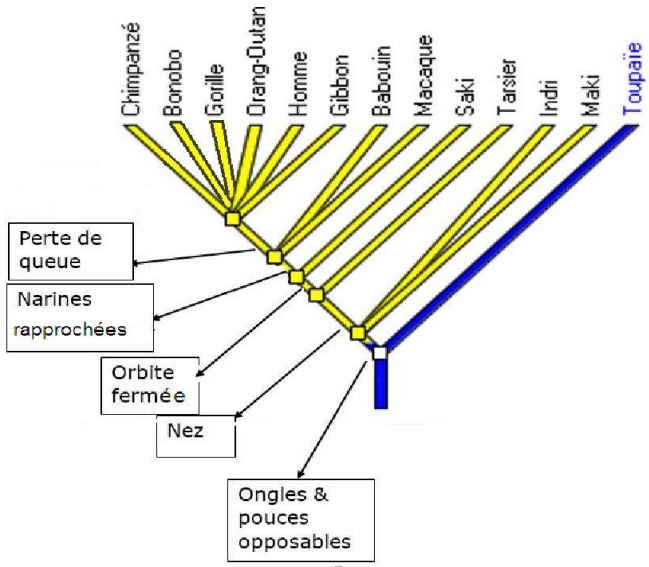


Figure 7 - Arbre phylogénétique de certains primates et archonte non primate.

En croisant caractères retenus et animaux de notre échantillon les possédant ou non à l'aide de variables binaires, nous avons construit une matrice de variables binaires que nous avons traités avec le logiciel CHIC. Nous avons obtenu l'arbre cohésitif ci-dessous :

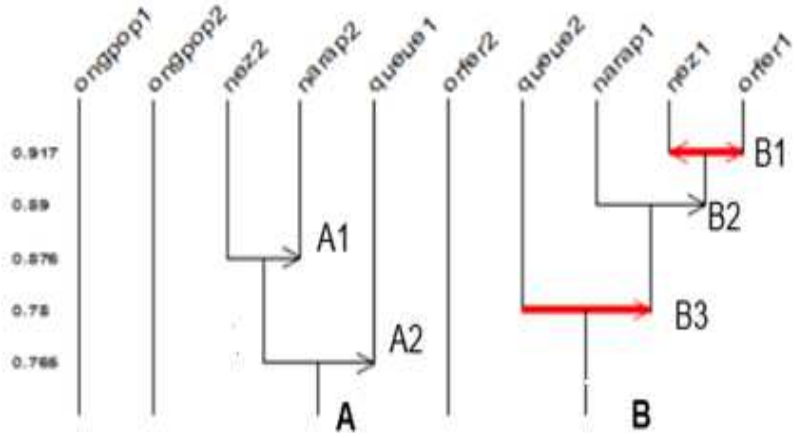


Figure 8 - Arbre cohésitif des primates

Cet arbre cohésitif montre 5 classes avec des niveaux de cohésion décroissante. La première classe B1= **{nez1, orfer1}** dont la cohésion est la plus grande concerne les individus présentant les caractères nez1 (présence d'un nez) et, en même temps, orfer1 (orbites fermées). L'emploi du logiciel CHIC conduit à l'extraction des individus qui contribuent le plus à la formation de cette classe et ceux qui en sont les plus typiques. Ce sont : Le Gibbon, le Gorille, le Bonobo, l'Orang-outan, le Chimpanzé, le Tarsier, le Saki, le Macaque, le Babouin et l'Homme. Ainsi le groupe {maki, indri} n'y contribue pas.

Relativement à la deuxième classe B2= **{narap1, nez1, orfer1},** les animaux typiques de la classe 1 sont aussi typiques de cette classe sauf le Tarsier. Pour la troisième classe A1=**{nez2, narap2}**, les individus qui contribuent le plus sont le Toupaïe, le Maki, l'Indri. On note que le Tarsier y contribue également mais plus faiblement. Mais, le nez et les orbites fermées ne sont pas possédés par ce groupe. Ils apparaîtront plus tard.

La quatrième classe, très cohérente, B3= **{queue2, narap1, nez1, orfer1}** concerne les primates sans queue (queue2) et qui possèdent les caractères de la deuxième classe. Les sujets contributifs sont une fois de plus le Gibbon, le Gorille, le Bonobo, l'Orang-

outan, le Chimpanzé (famille des Hominides, 9 à 10 Ma)), et, plus faiblement, le Tarsier, le Saki, le Macaque et le Babouin (famille des Cercopithecoïdes, dans cette liste seuls le babouin et le macaque font partie de cette famille apparue il y a environ 26 Ma). Notons, encore une fois, la conformité de l'ordre donné par CHIC avec celui de l'arbre phylogénétique.

Quant à la dernière classe A2 ={**nez2, narap2, queue1**}, elle se constitue par la contribution du Tarsier, du Toupaïe, du Maki et de l'Indri et, plus faiblement, par le Babouin et le Macaque, c'est-à-dire la classe des Prosimiens, primates les plus primitifs.

Les deux grandes classes **A** et **B** sont disjointes par l'algorithme cohésitif ASI, signant une **séparation nette au niveau chronologiq**ue dans l'évolution entre deux grandes familles, observation plus nette que celle fournie par la Fig. 7. Après recherches nombreuses sur internet, il ne nous pas été possible de préciser les étapes datées de l'apparition de sous-espèces telles que le présente l'arbre cohésitif. Mais il nous paraît évident que les différentes étapes B3 -> B2 -> B1et A1 -> A2 marquent des sauts évolutifs datés par les paléontologues comme par exemple la disparition de la queue (queue 2) .

Vérifions maintenant le respect de la loi log-périodique sur la hiérarchie cohésitive comme il a été fait dans les Figures 1, 4 et 6. On observe, en effet, la quasi-linéarité du graphe de la fonction niveau →ln N.

Niveau de l'arbre	Nombre N de classes	ln N
1	3	1.1
2	4	1.39
3	5	1.61
4	7	1.95
5	8	2.08

Tableau 4 Primates niveau-classes

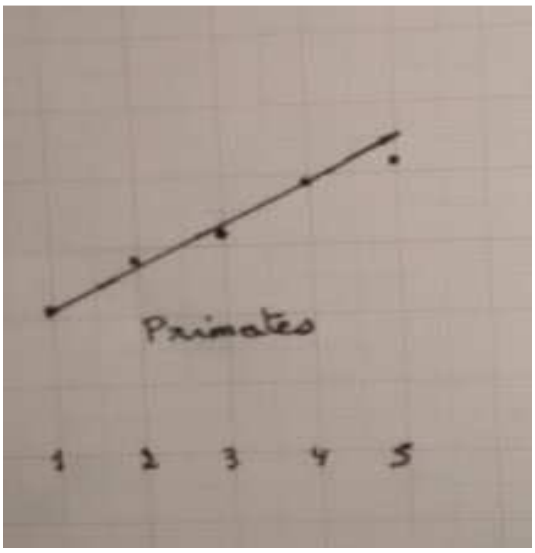


Figure 9 Courbe primates (N, ln N)

Le travail présenté ci-dessus n'a pas été établi selon les formules de L. Nottale et J. Chaline. Il serait intéressant de revenir sur les données fournies par L. Ndong et sur la méthodologie hiérarchique employée en utilisant le rapport d'échelle g fourni par la recherche soit 1.736 ∓ 0.013 et le temps critique propre aux primates T_c = + 2.25 ∓ 0.80 Ma.

4 Conclusion

Le pressentiment de la géométrie fractale comme modèle mathématique et l'évolution des êtres vivants comme métaphore semble satisfait relativement au concept d'arbre cohésitif, en tant que hiérarchie ordonnée et non linéaire, c'est-à-dire substitut d'un arbre de vie. On a pu le constater dans deux situations différentes et d'autres expériences pourront, je l'espère, le confirmer. En particulier, l'évolution du vivant nous paraît

représenter une métaphore séduisante de l'élaboration de la pensée réfléchie chez le sujet, chacune ascendante et orientée par la complexité. **L'enrichissement de l'intuition au regard de la forme apparente de l'arbre est manifeste.** L'aspect opératoire, à l'instar de ce qui est fait avec le nouvel arbre de vie, devra être mis en lumière comme nous l'a donné l'arbre implicatif.

Nous repensons aux premiers pas ([11], 1979) de l'ASI, née et développée primitivement au sein et dans le champ de la didactique des mathématiques. Il fut écrit alors que l'ASI avait trouvé dans la didactique la **niche écologique** qui lui assurait son existence et sa nourriture. Le chapitre présent montre que cette appartenance ne peut pas s'accompagner d'une relation jalouse. Bien d'autres domaines peuvent lui fournir des conditions hébergeantes fécondes.

Mais, restons sur nos gardes ! métaphore ne signifie pas identification. Le transfert des propriétés de l'évolution (dont la conceptualisation) vers l'arbre cohésitif doit rester réservé et éclairé. Il ne peut se légitimer que si le gain est manifeste. Nouveau défi pour la génération ASI future, intégrant les progrès dans la connaissance des recherches en jeu (voir par exemple [13]).

Références

[1] Régnier, J.C., Gras, R., Couturier, R., Bodin, A. (Eds) (2017). *Analyse statistique implicative. Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques*. Colloque ASI9 Belfort : Université de Bourgogne-Franche Comté.

[2] Mandelbrot B., (1995), *Les objets fractals, Forme, hasard et dimension*, Parias : Champs Sciences, Flammarion.

[3] Mandelbrot B., (1997), *Fractales, hasard et finance*. Paris : Champs Sciences, Flammarion.

[4] Gras et al [2017], Hiérarchie de règles en ASI et conceptualisation, in *L'Analyse Statistique implicative. Des Sciences dures aux Sciences Humaines et Sociales*. Toulouse : Cépaduès.

[5] Queiros-Condé D., Chaline J., Dubois J. (2015), *Le Monde des Fractales.* Paris : Ellipses.

[6] Richardson L. F., (1961), The problem of contiguity: an appendix of statistics of deadly quarrels, *General Systems Yearbook, 6* ; 139-167.

[7] Chaline J. (2014), *Généalogie et Génétique*, Paris : Ellipses.

[8] Chaline J., Nottale L. et Grou P. (1999), *L'arbre de vie a-t-il une structure fractale* ? C.R. Acad. Sci. Paris.

[9] Nottale J., Chaline J., Grou P. (2000), *Les arbres de l'évolution*. Paris : Hachette.

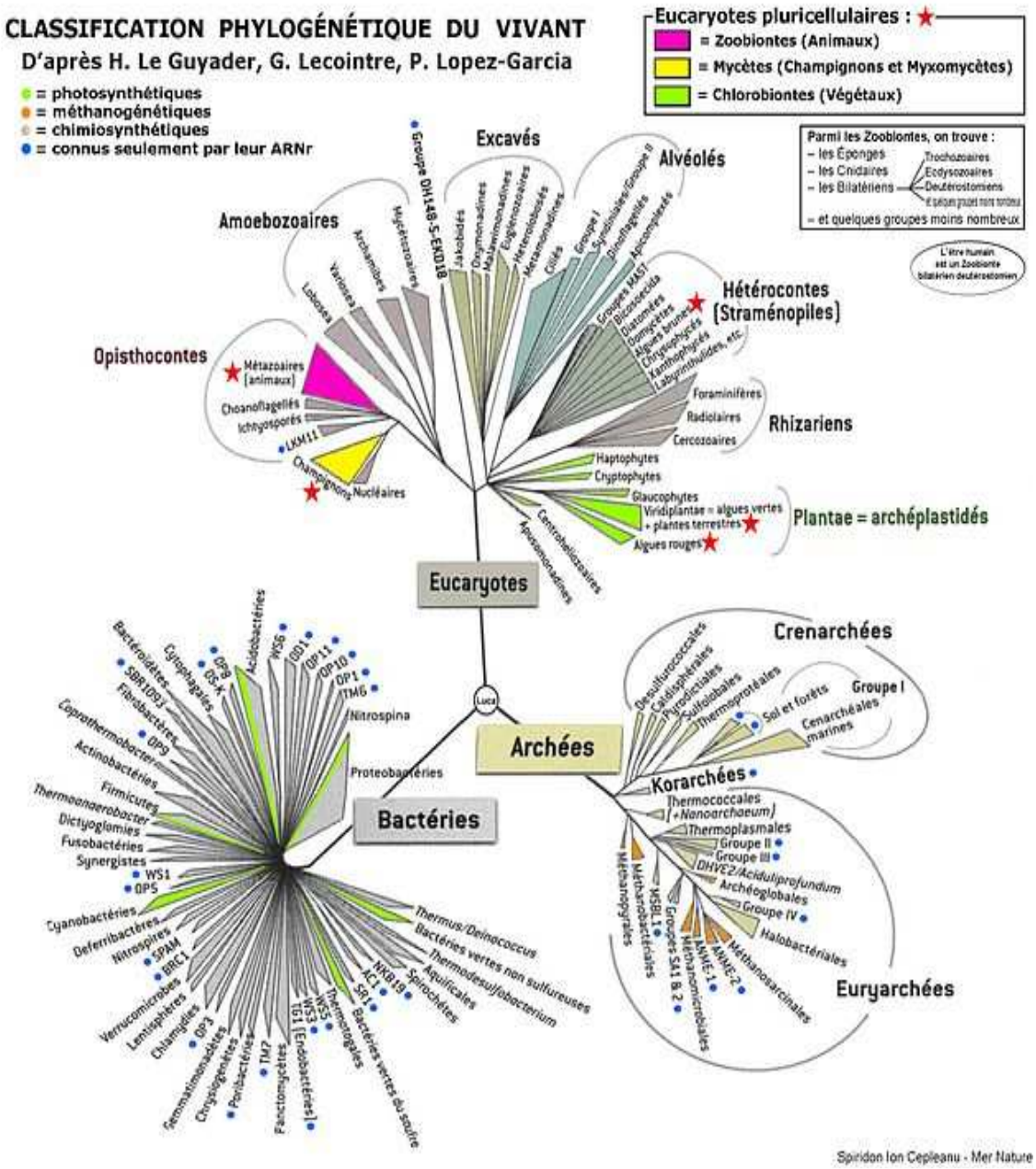
[10] Sornette D. (1998), *Discrete scale invariance and complex dimensions*. Physics Reports, n° 297.

[11] Gras R., (1979), *Contribution à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs didactiques en mathématiques*, Thèse d'État, Université de Rennes 1.

[12] Hervé M., Poinsot D. (2013), *L'évolution des espèces, 1- Les preuves*, Rennes : Editions Apogée.

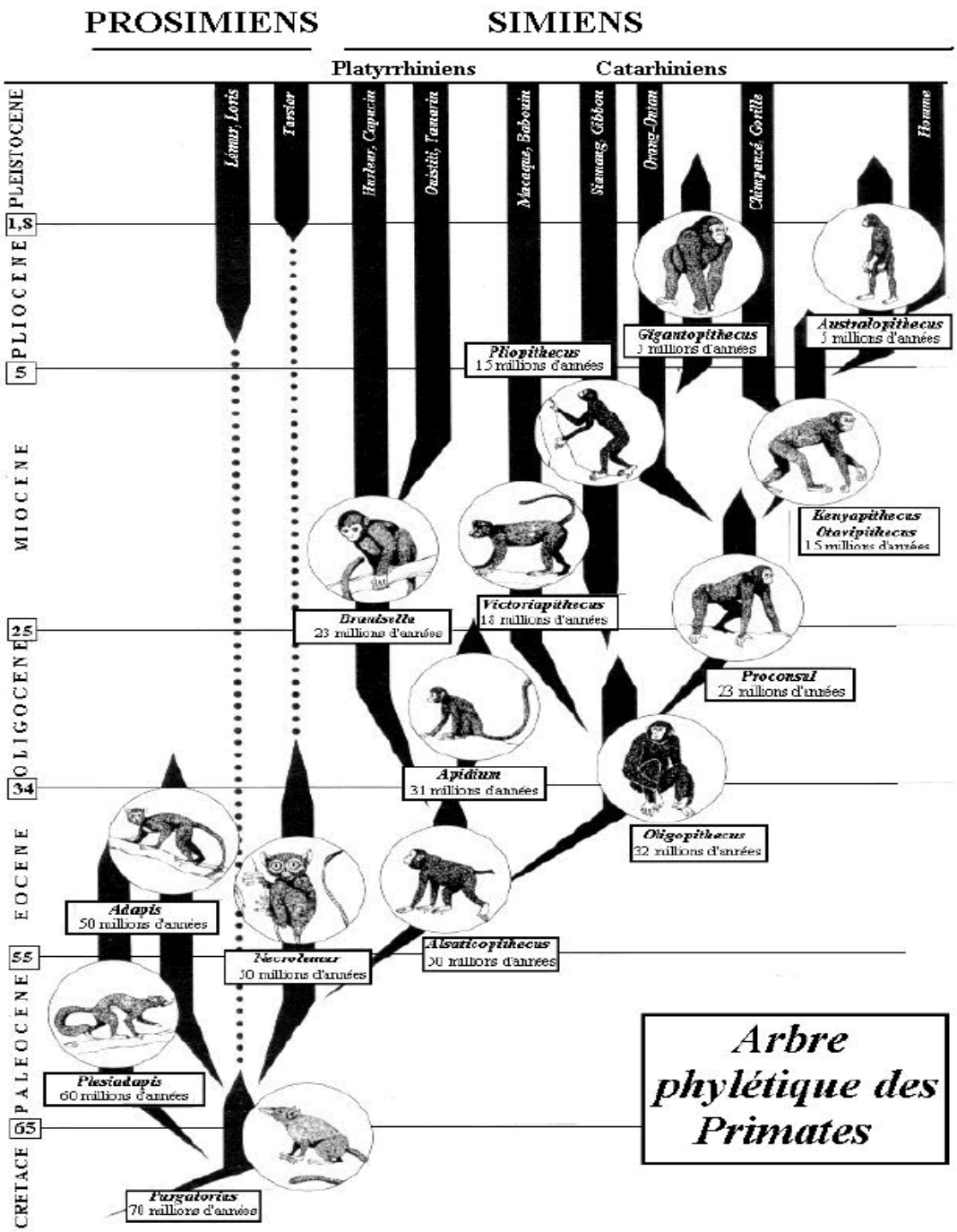
[13] Condemi, S. et Savatier F. (2018), *Dernières nouvelles de Sapiens*, Paris : Flammarion.

Annexe 1



Arbre de vie. Représentation étoilée (2008) Source Wikipedia

Annexe 2


PROSIMIENS
SIMIENS
Platyrrhiniens
Catarhiniens
PLEISTOCENE
PLIOCENE
MIOCENE
OLIGOCENE
EOCENE
PALEOCENE
CRETACE
1,8
5
25
34
55
65
Lémur, Loris
Tarsier
Hurleur, Capucin
Ouistiti, Tamarin
Macaque, Babouin
Siamang, Gibbon
Orang-Outan
Chimpanzé, Gorille
Homme
Gigantopithecus
9 millions d'années
Australopithecus
5 millions d'années
Pliopithecus
15 millions d'années
Kenyapithecus
Otavipithecus
15 millions d'années
Victoriapithecus
18 millions d'années
Proconsul
23 millions d'années
Dryopithecus
23 millions d'années
Apidium
31 millions d'années
Oligopithecus
32 millions d'années
Adapis
50 millions d'années
Necrolemur
50 millions d'années
Alsaticopithecus
50 millions d'années
Plesiadapis
60 millions d'années
Purgatorius
70 millions d'années
Arbre phylétique des Primates

VARIABILITÉ DES ARBRES DE SIMILARITE DE L'ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE SOUS INDÉPENDANCE STATISTIQUE DE VARIABLES BINAIRES

Pablo GREGORI[1], Raphaël COUTURIER[2], Souhila GHANEM[3]

VARIABILITY OF STATISTICAL IMPLICATIVE ANALYSIS SIMILARITY TREES UNDER STATISTICAL INDEPENDENCE OF BINARY VARIABLES

RÉSUMÉ

Dans cet article les auteurs s'intéressent à l'analyse du comportement des arbres de similarité dans le cas d'absence de lien (indépendance statistique). On utilise la simulation intensive à travers trois approches liées aux paramètres suivants : la suite d'indices de similarité des niveaux de l'arbre, le nombre de nœuds significatifs présent, et le nombre de variables composant chaque niveau. La variabilité dans l'échantillonnage de ces statistiques permet d'envisager des tests hypothèse d'indépendance basés sur l'arbre de similarité et le nombre d'occurrences des colonnes, quand on n'a pas accès aux données elles-mêmes.

Mots-clés : *ASI, arbre de similarité, indépendance statistique, simulation intensive.*

ABSTRACT

In this work the authors are interested in the analysis of the behavior of the similarity trees in the case of lack of link (statistical independence). Intensive simulation is used for three approaches related to the following parameters: the sequence of the similarity indices of the levels of the tree, the number of present significant levels, and the number of variables forming each level. The sampling variability of these summary statistics allow to consider hypothesis tests of independence based upon the similarity tree and the marginal distributions, when raw data is not available.

Keywords: *SIA, similarity tree, statistical independence, intensive simulation*

1 Introduction

En pratique, la recherche des connaissances intéressantes à partir des règles obtenues à la sortie des algorithmes n'est pas évidente pour l'utilisateur. Différentes solutions ont été proposées pour aider l'utilisateur dans sa tâche. De nombreux indices de qualité ont été développés afin d'évaluer les règles selon différents points de vue [1] [2] [3] [4]. Ils permettent à l'utilisateur d'identifier et de rejeter les règles de faible qualité, mais aussi d'ordonner les règles acceptables des meilleures aux pires. La tâche de l'utilisateur peut également être facilitée en lui soumettant des représentations visuelles des règles. Elles facilitent la compréhension et accélèrent l'appropriation des règles par l'utilisateur.

[1] Institut Universitari de Matemàtiques i Aplicacions de Castelló (IMAC), Departament de Matemàtiques, Universitat Jaume I de Castellón, Campus Riu Sec, E12071, Espagne, gregori@uji.es

[2] Institut Femto-ST, Université Bourgogne Franche-Comté, Belfort, France, raphael.couturier@univ-fcomte.fr

[3] Laboratoire LIMED, Université de Bejaia, Algérie, souhila.ghanem@gmail.com

Il existe, en analyse de données, une famille de mesures nommées *indices de similarité*, utilisée pour l'étude d'individus décrits par des variables binaires. Les indices de similarité ont pour but d'évaluer la ressemblance entre deux individus ou deux variables [5]. L'Analyse Statistique Implicative (ASI) nous offre des possibilités pour effectuer cette analyse de données. C'est un champ théorique centré sur le concept d'implication statistique ou plus précisément sur le concept de quasi-implication. Il s'agit de découvrir des règles inductives non symétriques pour modéliser des relations du type « *si a alors presque b* » [6].

L'ASI comprend l'analyse de similarités, qui est un algorithme hiérarchique de regroupement qui structure les variables selon leur proximité, mesurée à base des probabilités calculées sous une hypothèse d'absence de lien entre les variables (indépendance statistique). L'arbre des similarités calcule, pour chaque couple de variables, la similarité entre celles-ci. Ensuite, il agrège des classes constituées elles-mêmes d'autres classes. L'ASI comprend aussi l'analyse des cohésions, qui est un algorithme hiérarchique de regroupement qui structure les variables, et les règles qui rapportent ces variables, selon leurs qualités. Dans cet arbre, des classes de variables ou de règles entre variables sont constituées à partir des implications entre celles-ci. L'algorithme agrège, à chaque étape, les variables, et classes de variables, conduisant à la cohésion la plus forte. Nous nous sommes intéressés au scénario le plus simple pour l'analyse du comportement des arbres de similarité : il s'agit du cas d'absence de lien statistique entre les variables (indépendance). Vue que la vraie distribution dans l'échantillonnage de ces arbres, « objets complexes », est infaisable, nous avons utilisé la simulation intensive pour atteindre une vue approximée des quelques facettes de ces objets (avec leurs valeurs moyennes et variabilités). L'étude du nombre d'occurrences des variables et l'arbre de similarité nous a servi de base pour admettre ou rejeter l'hypothèse d'indépendance sans avoir accès aux données elles-mêmes. Le code est donné en annexe, il a été réalisé en R avec certaines fonctions de RCHIC, l'adaptation de CHIC en R comme dans les travaux suivants [7,8].

2 Notations et méthodologie

Dans le souci d'une plus grande clarté, on fixe quelques termes qui seront utilisés tout au long de cet article et nous expliquent brièvement la méthodologie suivie.

L'approche consiste à simuler un grand nombre d'échantillons sous l'indépendance statistique, à partir des fréquences des variables, et permet de construire les arbres respectifs résultants. A partir de ces arbres les paramètres suivants sont pris en compte : les valeurs des indices de similarité des classes formées pendant la création de l'arbre, le nombre de nœuds significatifs présents et le nombre de variables composant chaque niveau de l'arbre.

Donc, pour un ensemble de données qui croise les variables a, b, … et les individus i, j,…on suppose connues les fréquences par colonne (occurrences), la taille de l'échantillon et l'arbre de similarité, total ou partiellement : soit la suite des indices de similarités des niveaux, soit les cardinaux des classes conformées à chaque niveau, soit le nombre de nœuds significatifs qui ont résulté. Ainsi, il est possible de comparer une des caractéristiques de l'arbre de similarité avec la contingence sous indépendance statistique.

3 Étude de simulation

Nous allons montrer l'application de notre méthodologie avec l'ensemble de données SPECT, publiques et disponible sur le site UCI Machine Learning [9].

Les fréquences d'occurrences des variables se montrent dans le Tableau 1.

Variable	Fréquence	Variable	Fréquence	Var	Fréquence	Var	Fréquence
diagnosis	40	F1	29	F2	13	F3	21
F4	40	F5	29	F6	10	F7	21
F8	22	F9	15	F10	23	F11	16
F12	20	F13	28	F14	16	F15	6
F16	14	F17	8	F18	6	F19	15
F20	18	F21	19	F22	26		

Tableau 1 – Le nombre d'occurrences (la fréquence) de chaque variable dans le jeu de données SPECT

Les arbres de similarité et de cohésions sont visibles dans les Figures 1 et 2.

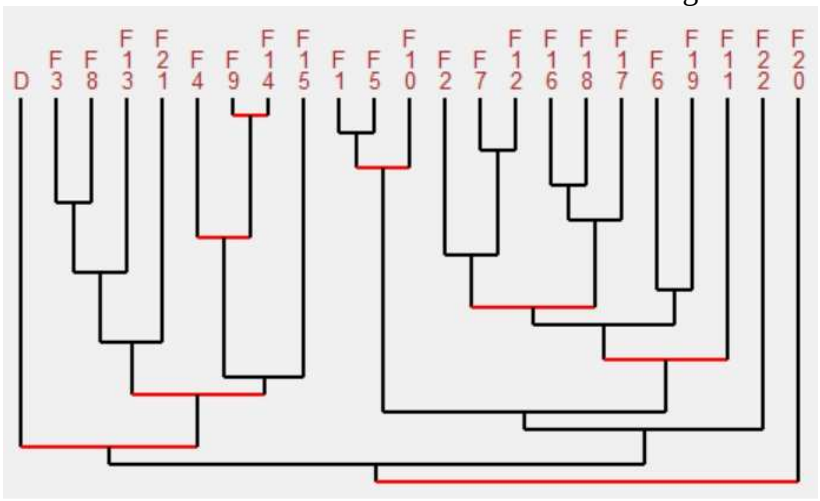


Figure 1 – L'arbre de similarité correspondant au jeu de données SPECT

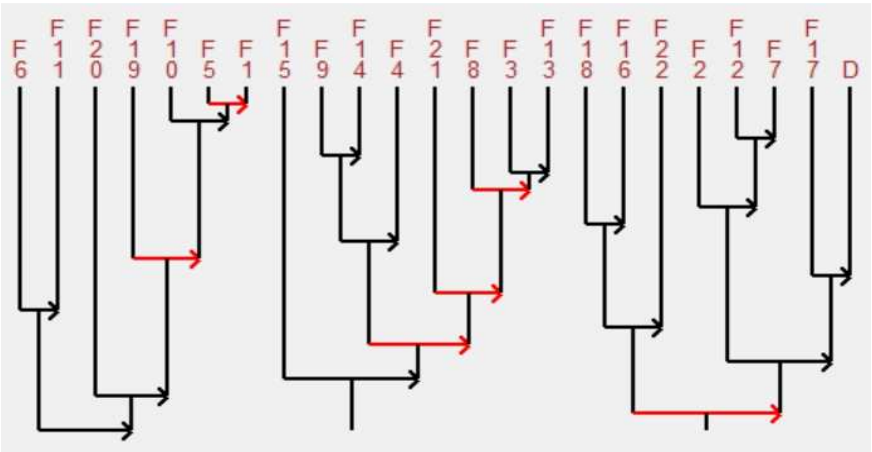


Figure 2 – L'arbre de cohésion correspondant au jeu de données SPECT

Avec ces valeurs comme données initiales et avec ce qu'on a observé de l'échantillon, nous pouvons démarrer une étude pour comparer une hypothèse d'indépendance statistique générale entre les variables. Pour les trois approches proposées, nous aurons besoin de connaître la taille de l'échantillon et les fréquences absolues des colonnes.

3.1 Analyse par la suite d'indices de similarité

Nous supposons que la suite de valeurs de similarité de chaque classe formée pendant la création de l'arbre est connue.
Nous allons simuler un grand nombre d'échantillons, soit 10^5, sous indépendance statistique, à partir des fréquences des colonnes et la taille des données, et nous allons construire les arbres résultants respectifs. A partir de ces arbres nous allons prendre la suite des valeurs des indices des classes, et nous allons créer une enveloppe, avec laquelle nous pourrons comparer les arbres observés, pour admettre ou rejeter l'hypothèse d'indépendance.
Tous les arbres de similarité possèdent 22 niveaux (sauf si l'arbre ne se réunit pas dans une classe avec toutes les variables). On prend leurs indices de similarité, du premier au 22ème. Aléatoirement, ces valeurs présentent une dispersion qui pourrait être montrée par des histogrammes, mais une façon plus simplifiée de montrer les valeurs moyennes de similarité des classes et leur variabilité par niveau est d'utiliser des boxplots (voir Figure 3).

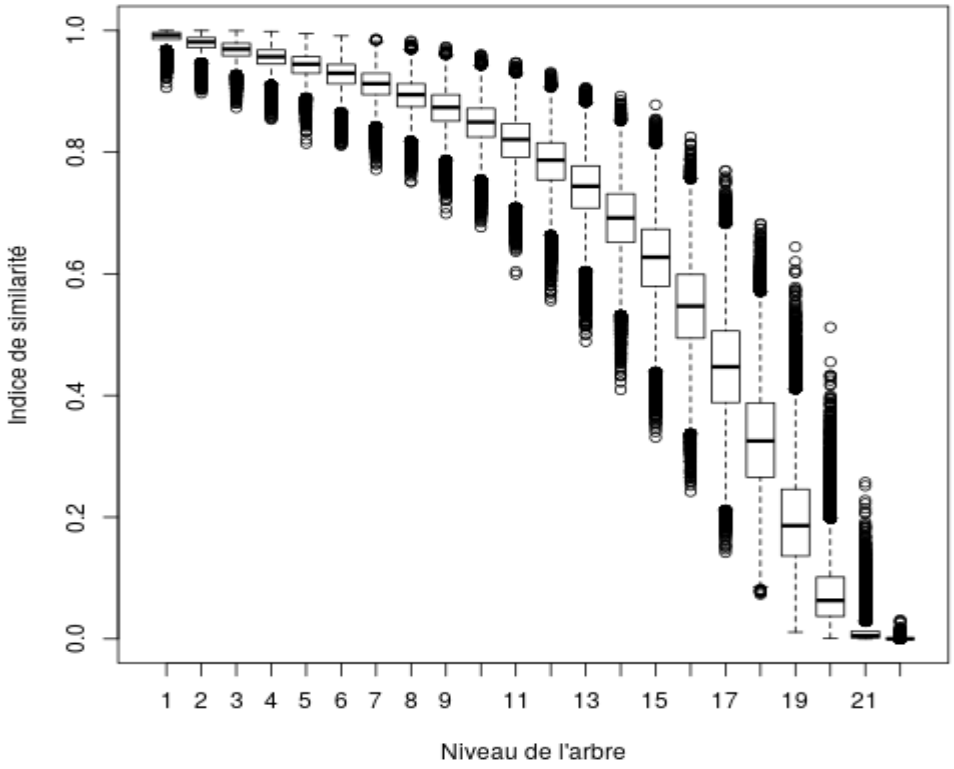


Figure 3 – Boxplot représente les valeurs moyennes de similarité des classes et leurs variabilités par niveau

Nous pouvons fabriquer aussi l'enveloppe des 95% des valeurs plus centrales (normales) à chaque niveau (voir Figure 4).

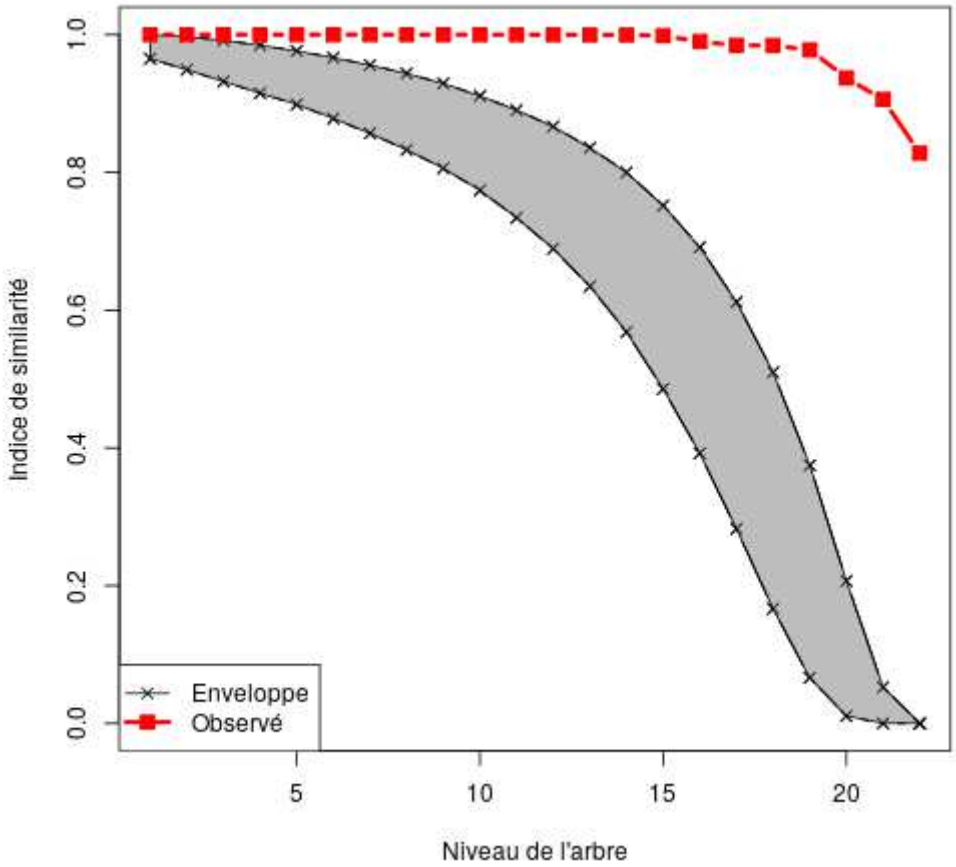


Figure 4 – Enveloppe dans le cas où nous avons 95% des valeurs plus normales à chaque niveau et valeurs observés de l'arbre des données SPECT, qui sont clairement en dehors de l'enveloppe

Cette enveloppe peut servir de base à un test d'hypothèse d'indépendance "visuel": on rejetterait l'hypothèse d'indépendance (par rapport à la similarité) si la suite de valeurs des indices de l'arbre de l'ensemble de données échappe de l'enveloppe.

À chaque niveau $i = 1,2,\ldots$ de l'arbre, on a :

- s_{i0}, la valeur de l'indice pour l'arbre observé
- S_i, la variable aléatoire de l'indice au niveau i-ème de l'arbre aléatoire simulé sous indépendance et fréquences par colonne égales à celles de l'arbre observé.
- s_{ij}, la valeur de S_i dans la simulation de l'arbre j, pour $j = 1,2,\ldots,N$.
- Nous définissons la p-valeur (de MonteCarlo) de $S_i = s_{i0}$, la valeur $2\min(\#\{j\colon s_{ij} \leq s_{i0}\}, \#\{j\colon s_{ij} \geq s_{i0}\})$, (où # indique le cardinal de l'ensemble).

Finalement, nous définissons la p-valeur (de MonteCarlo) de la suite d'indices de similarité de l'arbre complet $\vec{S} = (S_1 = s_{10}, S_2 = s_{20}, \ldots)$ comme le minimum des p-valeurs, i.e. $\min\{$ p-valeur de $S_i = s_{i0}\colon i\}$.

Cette p-valeur de MonteCarlo, composée, mesure l'écart de l'arbre de similarité de l'hypothèse d'indépendance.

3.2 Analyse par le nombre et position des nœuds significatifs

Un autre trait d'intérêt des arbres de similarité est la possibilité de contenir des nœuds significatifs. Dans cette section nous étudions le comportement de cet aspect qualitatif des arbres sous la condition d'indépendance statistique.

Dans un premier temps nous regardons le nombre de nœuds significatifs de l'arbre. Ensuite nous présentons les fréquences relatives sous l'indépendance, que les simulations ont produites, en Tableau 2.

Nombre de noeuds significatifs	Fréquence	Nombre de noeuds significatifs	Fréquence
2	0.00004	7	0.27993
3	0.00265	8	0.08964
4	0.04221	9	0.01134
5	0.20240	10	0.00063
6	0.37115	11	0.00001

Tableau 2 – Les fréquences relatives des nœuds significatifs que l'arbre contient.

Dans ce cas, on n'a pas une notion claire de l'effet de l'indépendance sur le nombre de nœuds significatifs. Une étude de simulation plus profonde pourrait donner des idées sur les valeurs espérées ou leur rareté. Si on s'attend à un nombre qui n'est pas trop grand et non plus trop petit, la p-valeur de cette statistique pour l'échantillon observé (qui a 8 nœuds significatifs) serait :

0.00004+0.00265+0.04221+0.08964+0.01134+0.00063+0.00001=0.14652

D'autre part, nous analysons la probabilité que chaque niveau à d'être significatif sous indépendance. Par définition, le premier niveau d'un arbre forme toujours un nœud significatif, et le deuxième ne l'est jamais (en fait, il ne peut pas avoir deux nœuds significatifs consécutifs [10]). Les probabilités, approximées par les simulations, se montrent dans le Tableau 3 et la Figure 6.

Niveau	Probabilité estimée	Niveau	Probabilité estimée	Niveau	Probabilité estimée
1	1.00000	9	0.25234	16	0.32788
2	0.00000	10	0.27526	17	0.33151
3	0.06658	11	0.29443	18	0.33186
4	0.10174	12	0.30865	19	0.33239
5	0.14029	13	0.31908	20	0.33369
6	0.17067	14	0.32366	21	0.33622
7	0.20138	15	0.32865	22	0.19474
8	0.22985				

Tableau 3 – La probabilité estimée que chaque niveau a d'être significatif sous indépendance

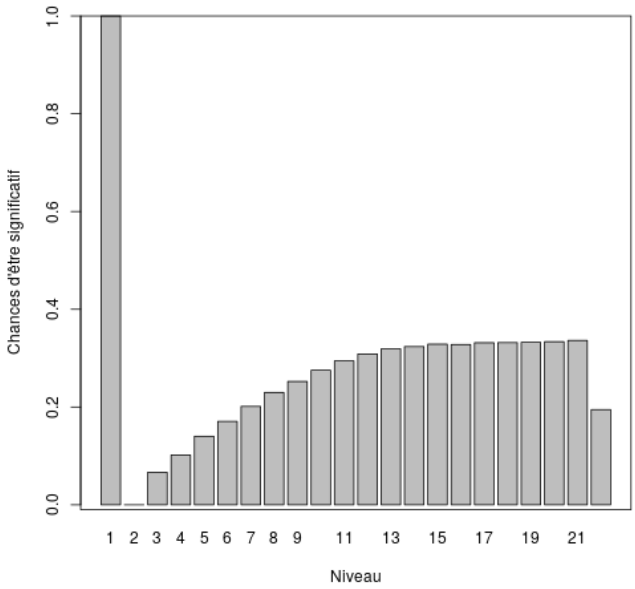


Figure 6 – Représentation graphique de la probabilité de chaque niveau pour être significative sous indépendance

Dans ce cas, à exception du premier niveau, qui est toujours significatif, et le deuxième, qui ne l'est jamais (à cause de la définition), les autres niveaux semblent avoir une probabilité croissant intéressante à étudier. Notons que la Figure 6 ne représente pas une distribution de probabilité, et on ne va pas l'utiliser pour tester l'indépendance des données.

3.3 Analyse par le nombre de variables dans les niveaux de l'arbre

Un dernier aspect qu'on va traiter c'est le nombre de variables qui forment la suite des niveaux (classes) de l'arbre. La première classe commence avec les deux variables les plus similaires. L'arbre continue à grandir, et la dernière classe comprend toutes les variables en jeu. Nous analysons cette évolution (du nombre de variables par classe) sous indépendance et on trouve la distribution montrée à la Figure 7.

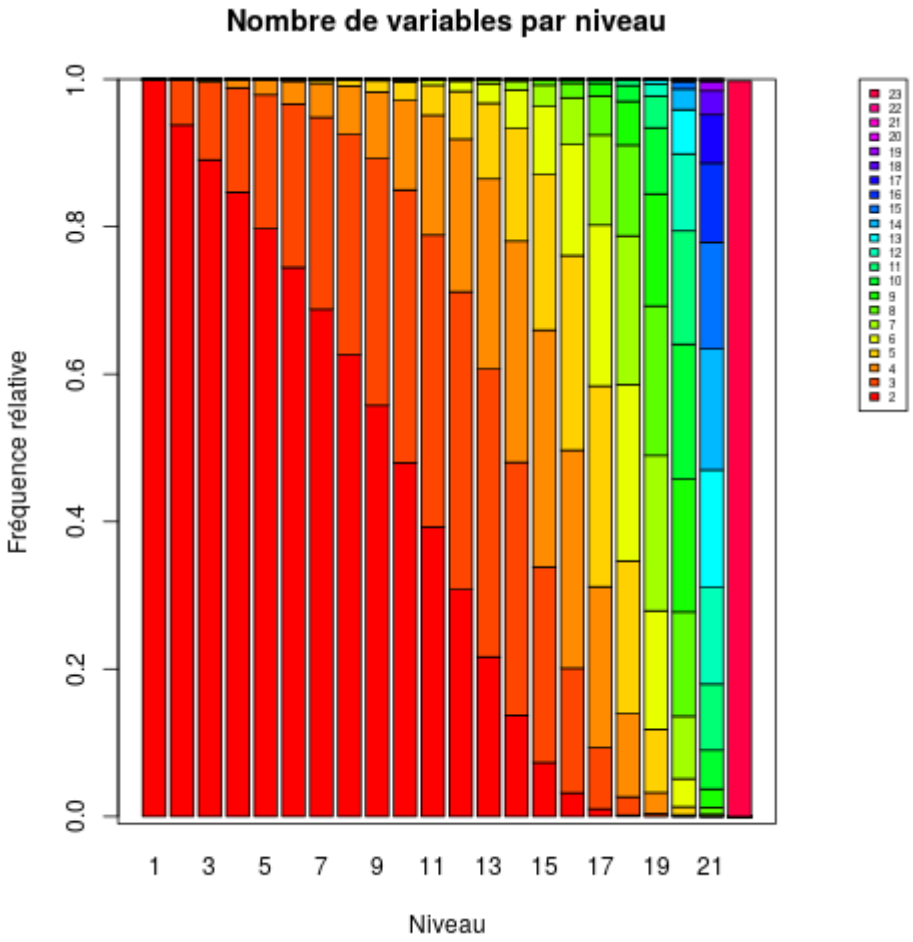


Figure 7 – L'évolution du nombre de variables par classe

Dans ce cas, nous pouvons mesurer l'écart de l'indépendance statistique avec une sorte de p-valeur, construite à partir des écarts par niveau. Nous pourrions définir la p-valeur pour un niveau i comme la probabilité (i.e. somme des fréquences relatives) des nombres de variables moins fréquentes que le nombre observé. Et la p-valeur globale, la valeur minimum des p-valeurs de tous les niveaux.

4 Conclusion

Nous avons démarré notre étude en utilisant les valeurs des fréquences d'occurrences et l'arbre de similarité comme données initiales, pour comparer une hypothèse d'indépendance statistique générale entre les variables.

La complexité de l'objet « arbre » nous fait envisager des aspects moins complexes, plus simples. L'utilisation des statistiques univariées nous permet de traiter ces quelques paramètres : la suite d'indices de similarité, le nombre de nœuds significatifs présent, et le nombre de variables composant chaque niveau de l'arbre.

Nous présentons donc trois approches liées à ces paramètres, pour tester l'indépendance d'un ensemble de données dans une situation assez artificielle, tout en connaissant, la suite d'indices de similarité des niveaux de l'arbre, la suite de nombre de variables par niveau, la qualité de chaque nœud d'être significatif ou non, avec les fréquences d'occurrence des variables et la taille de l'échantillon.

Cette étude ouvre des voies à des approches plus élaborées, qui intègrent des paramètres bivariés ou multivariés (qui représenteraient mieux l'arbre). Nous pouvons aussi analyser la variabilité sous indépendance d'un concept très récent comme la dimension fractale de l'arbre [11]. L'application de cette méthodologie sur les arbres de cohésion reste aussi faisable, si bien il s'agit d'un objet un peu plus complexe que ceux de similarité.

Références

[1] Briand, H., Sebag, M., Gras, R. and F. Guillet (2004), *Mesures de qualité pour la fouille de données*, Cépaduès Editions, 2004, numéro spécial de la Revue des Nouvelles Technologies de l'Information.

[2] Freitas. (1998), *On objective measures of rule surprisingness*, in Proceedings of the second European conference on principles of data mining and knowledge discovery (PKDD'98) (J. Zytkow & M. Quafafou, éds.), Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol. 1510, Springer-Verlag, p. 1–9.

[3] S. Brin, R. Motwani and C. Silverstein (1997), *Beyond market baskets: generalizing association rules to correlations*, SIGMOD Record 26 no. 2, p. 265–276.

[4] G. Piatetsky-Shapiro (1991), *Discovery, analysis, and presentation of strong rules*, in Knowledge Discovery in Databases (G. Piatetsky-Shapiro and W. J. Frawley, éds.), AAAI/MIT Press, p. 229–248.

A. C. Lerman (1981), Classification et analyse ordinale des données, Dunod.

[5] Gras R, Régnier J-C., Guillet F. (Eds) (2009) *Analyse Statistique Implicative. Une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalité*. RNTI-E-16 Toulouse Cépadués Editions.

[6] Gregori, P., Couturier, R., and Pazmiño-Mají, R. (2014). On the probability distribution of the classical Gras implication index between two binary random variables. *Educação Matemática Pesquisa*: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática, 16(3), 969-980.

[7] Ghanem, S. Couturier, R. et P. Gregori (2017), *Classification en utilisant les règles d'implication de l'ASI*, 9ème Colloque International A.S.I. Analyse Statistique Implicative Belfort (France)

[8] SPECT Heart Data Set, https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/spect+heart

[9] Gras, R. (2008), *Statistical Implicative Analysis Theory and Application*. Book Springer.

[10] Gras, R. et P. Gregori. (2019), Arbre cohesitif en A.S.I. et métaphore fractale, *10ème Colloque International A.S.I. Analyse Statistique Implicative* Belfort (France)

Annexe. Fonction R qui extrait les traits de l'arbre de similarité

```
SIA.tree.feat = function(x) {
  require(rchic)
  require(stringr)
  fileName="MyData.csv"
  write.table(x, file = fileName, sep=';', quote = FALSE,col.names=NA)
  result = readAndAnalyzeData(fileName = fileName)
  dataCSV = result[[1]]
  supplementary.variables = result[[2]]
  #remove variables with only 0
  dataCSV = dataCSV[, !apply(dataCSV==0,2,all)]
  #prepare data for apriori
  data2transac(dataCSV)
  #call apriori
  callAsirules()
  #list of variables is needed to keep the same order in the variable
when the cohesion matrix is built
  list.variables = names(dataCSV)
  list.variables = list.variables[-1]
  #matrix to compute the contributions and similarities
  matrix.values = as.matrix(dataCSV[-1])
  # matrix.values column frequencies should be returned in future
versions
  # for applying to non binary data (where new columns are created)
  storage.mode(matrix.values) = "numeric"
  row.names(matrix.values) = row.names(dataCSV)

  #transform list of supplementary variables into a dataframe and then
a matrix
  supplementary.variables = data.frame(supplementary.variables)
  supplementary.variables = as.matrix(supplementary.variables)
  #add the name of individuals
  if(length(supplementary.variables)>0) {
    row.names(supplementary.variables) = row.names(dataCSV)
    storage.mode(supplementary.variables) = "numeric"
  }
  if(length(supplementary.variables)==0) {
    contribution.supp = FALSE
    typicality.supp = FALSE
  }
  rules = read.table(file='transaction.out', header=TRUE, row.names=1,
sep=',', stringsAsFactors=F)
  row = row.names(rules)
  rules = as.data.frame(lapply(rules,as.numeric))
  row.names(rules) = row
  n = dim(rules)[1]
  #data frame containing all the similarities
  similarity_matrix = matrix(nrow=length(list.variables),
ncol=length(list.variables))
  colnames(similarity_matrix) = list.variables
  rownames(similarity_matrix) = list.variables
  #list of the occurrences of the variables
  list.occurrences.variables = vector()
  # extract similarity of rules to form similarity matrix
  for(i in 1:n) {
```

```
    rule=strsplit(row.names(rules)[i],split=' -> ')
    from=rule[[1]][1]
    to=rule[[1]][2]
    val=rules[i,7]
    similarity_matrix[from,to]=val
    list.occurrences.variables[from]<-rules[i,1]
  }
  # set diagonal values to 0
  similarity_matrix[is.na(similarity_matrix)] = 0
  # from percentage to 0-1
  similarity_matrix = similarity_matrix/100
  #currently we consider that all items are selected
  list.selected.item = rep_len(TRUE, length(list.variables))
  #extract sub matrix and sub list according to selected items
  sub_matrix = similarity_matrix[list.selected.item,
list.selected.item]
  sub.list.item = rep(TRUE, sum(list.selected.item))
  sub.list.occ = list.occurrences.variables[list.selected.item]
  #call the similarity computation written in C
  res = callSimilarityComputation(sub_matrix, sub.list.occ,
supplementary.variables, matrix.values, contribution.supp,
typicality.supp, verbose=FALSE)
  # features
  nb.levels = res[[4]]
  #list.significant.nodes = rev(rev(res[[5]])[-1]) #### WHY DID I DO
THIS
  list.significant.nodes = res[[5]][1:nb.levels] #### WHY DID I DO
THIS
  list.significant.nodes =
    c(list.significant.nodes, rep(NA, length(list.variables)-1-
length(list.significant.nodes)))
  list.similarity.level = res[[6]]
  list.similarity.level =
    c(list.similarity.level, rep(NA, length(list.variables)-1-
length(list.similarity.level)))
  nb.variables.per.level = res[[7]][1:nb.levels]
  nb.variables.per.level = str_replace_all(nb.variables.per.level,
"([())])", "")
  nb.variables.per.level = lapply(nb.variables.per.level, function(i)
length(strsplit(i, " ")[[1]]) )
  nb.variables.per.level = unlist(nb.variables.per.level)
  nb.variables.per.level =
    c(nb.variables.per.level, rep(NA, length(list.variables)-1-
length(nb.variables.per.level)))
  return(as.matrix(data.frame(index.s=list.similarity.level,
signif.s=list.significant.nodes, number.s=nb.variables.per.level)))
}
```

MESURES DE L'EXPRESSION ET DU DÉVELOPPEMENT DE « L'INTELLIGENCE »[1] : OBSERVATION DE DONNÉES ET DES RÉSULTATS DE LEUR TRAITEMENT PAR L'ASI

Christian PELLOIS[2]

MEASUREMENTS OF THE EXPRESSION AND THE DEVELOPMENT OF "THE INTELLIGENCE": OBSERVING DATA AND PROCESSING RESULTS BY ASI

RÉSUMÉ

Au croisement des champs de la psychologie, de la didactique et des mathématiques, différentes notions ou concepts apparaissent. Certaines de ces notions ou certains de ces concepts peuvent renvoyer à ce qui, parfois, est évoqué sous les termes « d'homogénéité par équivalence » et « d'homogénéité par implication ». Cependant, dans la réalité sensible de l'expression de la vie courante s'exprime aussi de la diversité entre des expressions de sujets perçus comme « différents ». Il s'exprime également des cheminements individuels différents, voire des cheminements possiblement « substituables » les uns aux autres, et, aussi, de la « fluctuation », de « l'incertitude » dans l'expression, ce qui amène à évoquer d'autres notions et concepts. Le traitement, par l'ASI, de données portant sur la question de « l'intelligence » et issues de la psychologie, cherche à clarifier voire à étayer quelques réflexions à propos de ces différentes notions ou concepts.

Mots-clés : *psychologie, didactique, mathématiques, similarité, corrélation, implication, variabilité, différences.*

ABSTRACT

At the crossing point of the scopes of psychology, didactic practice and mathematics, appear various ideas or concepts. Some of these ideas or concepts, sometimes, can refer to what is raised by the terms of "homogeneity per equivalence" and "homogeneity per implication". However, in reality of everyday life, the diversity between subject's expressions received as "different" express itself. It, also, express itself from various individual development or "substitutable" path and fluctuation, "uncertainties" which lead to raise other ideas and concepts. The data process by ASI relating to the question of "the intelligence" and resulting from psychology, seeks to clarify or indeed underpin some reflections about these various ideas or concepts.

Keywords: *psychology, didactic practice, mathematics, similarity, correlation, involvement, fluctuation, differences.*

1 Introduction

Aujourd'hui, il semblerait bien que le mot « intelligence » ait pris des extensions très larges au point que beaucoup de domaines de recherche éprouvent le besoin de se l'approprier pour développer, à son propos, investigations et développements conceptuels.

[1] Ici abordée sous un angle maintenant considéré, assez souvent comme restreint, celui d'une pensée spécifiée par l'expression de « pensée convergente ».

[2] 7, rue des pins 14470, Courseulles sur Mer, pellois.christian@wanadoo.fr

Certes, il est toujours question « d'intelligence humaine » mais aussi, concernant l'humain, « d'intelligence collective » qui ne relèverait plus d'un humain tout seul mais d'un groupe d'humains en situation de réfléchir à la résolution d'un problème, aux développements de compétences appelées elles-mêmes compétences collectives. Mais il serait aussi question de « l'intelligence animale », celle-ci n'étant pas nécessairement déconnecté, pour certains penseurs ou chercheurs en ce domaine, de celle des humains. Il est question également de plus en plus « d'intelligence » dite « artificielle », de machines, de voitures, dites « intelligentes ». Parmi des machines qui seraient envisagées, il pourrait même y en avoir qui aboutiraient, certains en sont parfaitement sûrs, à reproduire l'intelligence humaine, et, disent-ils, assurément la dépasser ! Par ailleurs, qu'en serait-il de « l'intelligence extraterrestre » ? Et, même question, qu'en est-il aussi, maintenant, de « l'intelligence des plantes » ? Une question vient alors à l'esprit, qu'en est-il de l'unité conceptuelle de ces différents champs d'expression de l'« intelligence » ?

Bien évidemment, le champ ici abordé est bien trop vaste pour traiter de la question de tous ces sens susceptibles d'être donnés à ce mot, même si, peu ou prou, certains renvoient à celle de l'humain, ou prennent l'humain comme outil de comparaison, ou comme modèle interprétatif. Dans le cadre de ce texte, il convient donc de se restreindre, à l'humain, cela permet déjà, peut-être, à l'auteur de ce texte de s'exprimer alors davantage en connaissance de cause … Pour autant, le champ n'en est pas moins vaste et complexe tant les « conceptions » qui se développent en ce domaine peuvent être, ici, encore, particulièrement multiples et variées, voire foisonnantes.

Toutes sortes de « conceptions » se sont côtoyées et s'y développent encore, donnant lieu, ou pas, à des tentatives d'articulation entre elles, allant de celles qui renvoient à des formes de définition très larges, telle celle référant à « l'ensemble des conduites adaptatives » de l'humain, à celles faussement plus spécifiques, comme celle que l'on prêterait à un pionnier de la psychométrie, à savoir : « « l'intelligence », c'est ce que mesure mon test ! » …

Mais, on le voit bien ci-dessus, le mot est souvent pris au singulier et ne semble pas, a priori, pouvoir être considéré au pluriel, ce qui a pu, cependant être envisagé dans le cadre de conceptions de la psychologie différentielle mettant l'accent sur le pluralisme, la diversité, l'hétérogénéité des expressions observées dans la vie courante des humains. Qu'en est-il donc de cette approche habituelle, plutôt « généraliste » de l'« intelligence » humaine ?

Aborder la question au singulier, question qui semble être réactualisée, d'ailleurs, fortement par le courant des neurosciences (par exemple : Dehaene (2018)), renvoie à une forme de pensée traitant de ce qui est commun dans l'expression de l'intelligence. Celle-ci relèverait, sous ses expressions diversifiées « en surface », d'une unité sous-jacente, au moins « organisationnelle », susceptible de se traduire par une forme « d'homogénéité » qualifiée parfois, au plan statistique, « d'homogénéité par équivalence ». Mais une chose est de traiter de l'expression de l'intelligence, une autre est d'aborder ce qui permet qu'elle s'exprime c'est-à-dire sa genèse, ce qui renvoie, dans une conception, là, aussi, généraliste, à une autre forme d'homogénéité s'exprimant dans l'« organisation », cette fois-ci, non pas de l'expression, mais du développement de l'intelligence. Cette forme d'homogénéité sera qualifiée parfois et dans les modalités qui en permettent le traitement statistique, d'« homogénéité par implication ». « Homogénéité par équivalence » comme « homogénéité par implication » constituent, prises ensemble, la pierre angulaire de la conception généraliste unitaire de l'intelligence, même si celle-ci peut renvoyer, plus ou moins à la marge, à des modulations différentielles.

Il existe sur la question de l'expression du développement et de la mesure de l'« intelligence » humaine, une abondante littérature. Différents points de vue et schémas y cohabitent, très généraux, relevant, mais, bien sûr pas uniquement, du domaine de la psychologie au regard duquel un rapprochement avec la didactique peut être opéré. Ces deux points de vue portant sur l'expression et le développement psychologique de l'« intelligence », peuvent être également rapprochés de la manière dont l'ASI traite les données qui lui sont soumises.

L'ensemble conduit à des éléments de réflexion, plus ou moins ouverts, plus ou moins larges, qui confirment, ou questionnent, des conceptions plus ou moins anciennes ou d'actualité. Mais ces éléments de réflexion sont ici étayés, à propos de « l'intelligence », par des données d'observation concrètes de l'ordre du constat et de la mesure, mais aussi des jeux de relations possibles, entre ces données, mis en évidence après traitement par l'ASI. Ces jeux de relations sont, in fine, interprétés et discutés.

2 Le cadre conceptuel abordé

Une conception ancienne, de la psychologie, à propos de l'expression de l' « intelligence » sur le mode de « l'homogénéité par équivalence » tient à l'analyse statistique factorielle conduisant à la reconnaissance, dès 1904, de l'expression d'un facteur général (initialement le facteur G de Spearman) sous-jacent à un grand nombre de conduites du domaine de l'activité cognitive prise au sens large. Ce facteur général a donné lieu à de nombreux débats et controverses autour de la question de *l'unité* de ce qui fait l'« intelligence » ou de la *pluralité* des conceptions possibles en ce domaine (Huteau, Lautrey (1999), p. 142 et suivantes). Cela a abouti au plan de l'analyse statistique factorielle, à mettre en évidence, à côtés de la diversité d'expression, des parts de covariation donc d'une certaine forme de *similarité* et peut-être de communauté d'expression, tenant à cette dimension particulière alors appelée facteur G. Depuis ces travaux princeps, il a été procédé à de multiples analyses statistiques factorielles portant sur un grand nombre de conduites se rapportant à l'expression de l'intelligence, analyses aboutissant à un modèle hiérarchique dans lequel un facteur très général, de 3ème ordre serait régulièrement extrait des données traitées (Cf., en particulier, la modélisation de Carroll (1993), in Huteau, Lautrey (1999), p. 146).

Cette approche aurait-elle à voir, au plan didactique, avec l'expression de procédures communes à l'acquisition et l'utilisation des connaissances, et la recherche de ce qui peut sous-tendre de nombreux comportements cognitifs référant à l'expression d'un savoir-faire cognitif général pouvant s'appliquer à toutes sortes de contenus traités ? Il s'agirait ainsi, par exemple, de considérer qu'il existe des capacités pour « apprendre à apprendre », des capacités « génériques », en quelque sorte, sous-jacentes aux apprentissages (Pellois, 2000), capacités susceptibles de modulations en fonction des caractéristiques de sujets ou groupes de sujets. Cette position très en vogue dans les années 1980-1990, a été quelque peu battue en brèche, d'une part, au nom des spécificités didactiques propres et donc inhérentes aux différentes disciplines universitaires, scolaires, et, d'autre part, au plan psychologique, du fait du caractère potentiellement plus contextuel qu'il ne paraissait au départ, des dites capacités génériques s'exprimant, nuançant par là, quelque peu, la position initiale ci-dessus. Ces capacités génériques peuvent, alors, être tout autant l'aboutissement d'apprentissages ponctuels se transférant progressivement à d'autres contenus et modalités « en contexte » (Loarer *et al.*, 1995)

que des capacités (savoir-faire ?) sous-jacentes à l'expression plus ou moins spontanée d'une efficacité généralisée dans les apprentissages de notions, d'application de notion, de résolutions de problèmes inhérents aux différents domaines considérés. Cette vision davantage « locale » et renvoyant davantage aux contextes dans lesquels se placent les apprentissages a pu aboutir, d'une certaine manière, au regard des travaux sur les rapports différenciés contextes/personnes dans lesquels l'apprenant opère, à des conceptions telles, par exemple, que la théorie des champs conceptuels de G. Vergnaud (2013).

Cependant, au plan didactique, plus ou moins paradoxalement, la perspective plus « généraliste » pourrait être retrouvée, derrière la spécification ci-dessus lorsque l'accent est mis sur la hiérarchie plutôt univoque des connaissances préalables jugées nécessaires à l'application conjointe de savoir-faire, que ceux-ci soient considérés comme transversaux ou pas, avant que puisse être envisagée une nouvelle efficacité à traiter de nouvelles connaissances d'un degré jugé « supérieur » (Pellois, 2002, notamment documents annexes, p. 280 et suivantes, et 2013b). Il en est de même pour des conceptions qui se sont développées dans le domaine de la psychologie, à côté de conceptions plus psychologiques sur la *communauté* de capacités qui permettrait les apprentissages, s'est inscrit la logique *implicative* de ce qui permet à partir de capacités initiales, d'en acquérir d'autres considérés à un niveau dit « supérieur ».

Ceci influençant cela et vice-versa, un retour à la psychologie paraît, alors utile pour avancer sur la réflexion ici développée. Si pour certains psychologues la question a pu être de tenter de comprendre la « substance » de l'intelligence et de son expression, pour d'autres psychologues, la question a aussi été de comprendre la genèse de ce qui fait l'expression de l'intelligence, ces psychologues mettant alors l'accent, toujours dans une perspective généraliste, sur une autre forme d'homogénéité, « l'homogénéité par implication ». L'un des modèles qui a pu être élaboré en ce domaine est la théorie opératoire de J. Piaget, notamment l'expression de son développement à l'adolescence (Inhelder, Piaget, 1970). Cette conception modélisatrice a traité d'un développement en stades successifs qui partirait des sensations et de la motricité. Ce point de départ évoluerait ensuite, à partir des interactions avec l'environnement et de l'activité du sujet, vers une prise de distance progressive au regard de l'expérience active dudit sujet en ses multiples contextes. Cela permettrait l'organisation d'un espace représentatif de type symbolique/sémiotique intériorisé conduisant au développement de l'abstraction, non au sens très général du terme mais sous une forme particulière s'exprimant notamment dans la mise en œuvre de la pensée « scientifique » et de son expression. Le développement de cette abstraction spécifique, mais adaptative aux différents contextes où s'appliquerait « l'intelligence » passerait par la construction progressive de la structure logique du sujet, c'est-à-dire l'élaboration, par étapes, d'un « Lego logico-mathématique » amenant notamment à la pensée hypothético-déductive à l'œuvre dans ce qu'exprime, par exemple, la démarche dite, par ailleurs, « expérimentale ». Cette conception du développement qui serait, au moins au plan théorique, strictement emboîtée, ne renverrait pas, ici, seulement à la covariation et à la *similarité des aspects d'une communauté* plus ou moins grande et hiérarchisée. Mais elle renverrait, comme précédemment au regard de la réflexion didactique, à *l'implication, en particulier*, des stades et sous-stades dudit développement, traitant d'une autre forme de hiérarchie, entre les ensembles et sous-ensembles constitués, une autre forme que celle des facteurs de 1er 2ème et 3ème ordre de l'analyse factorielle appliquée à l'« intelligence ».

Par la suite, des travaux ont montré que la théorie factorielle de l'intelligence (facteur G) pouvait être mise en rapport avec la théorie opératoire de l'intelligence au point

d'assimiler le facteur général de performances de la théorie factorielle au développement opératoire (F. Longeot, 1969). Ces travaux ont mis en évidence une corrélation de .80 entre ces deux « modélisations » au travers d'épreuves d'évaluation correspondant à chacune d'elles. Cette association reconnue a permis de réunir les deux questions initialement abordées par ces conceptions, a savoir : de quoi pouvait relever l'intelligence, et comment celle-ci pouvait s'élaborer progressivement.

Depuis de nombreux travaux ont apporté quelques aménagements plus ou moins importants concernant ces deux conceptions (Longeot, 1978). Ces travaux portent autant sur leur rapprochement et l'élargissement des dimensions susceptibles d'intervenir dans l'expression de l'intelligence (par exemple, Huteau, 1985, Bideaud *et al.*, 1993, Houdé, 1995, Damasio, 1995) que sur la logique strictement emboîtée du jeu structural questionnée par des travaux mettant davantage l'accent sur les procédures mises en œuvre par les sujets, le rôle des contenus et des modalités de traitement des données, et leur résistance au traitement par l'expression de la logique opératoire piagétienne, (Cf. parmi de très nombreuses références possibles en ce domaine, Huteau, 1980, Inhelder, Cellerier, 1992, Lautrey, p. 185-213, in Reuchlin *et al.*,1990, Vermerch, 1991, 1994), et le rôle des contextes d'expression, variables et non généralisables d'emblée (Loarer, *et al.*, 1995). Ceci conduit à des tentatives plus fouillées de « compréhension » d'un sujet psychologique pris à la fois dans l'élaboration de ses « capacités » et dans l'utilisation des « capacités » produites, une fois celles-ci élaborées (Pellois, 2005, 2010, 2015). Se pose alors, encore et encore, les questions portant sur « l'intelligence » univoque ou plurielle, ce que serait « l'intelligence du sujet » au-delà des comportements dits et répertoriés comme « intelligents » qu'il exprime, voire du « lieu » et de la définition même de ce mot « l'intelligence » …

Qu'en est-il de tout cela au regard de l'ASI associant, notamment, *similarité* et *implication* dans un jeu, de règles *cohésitives*, constitutif d'une organisation de second ordre *« de règles de règles »* (Gras 2018) ?

3 Données recueillies en vue de leur traitement dans le cadre de l'ASI

Il s'agit de présenter ici, à partir de quelles épreuves, les données qui ont été recueillies, ainsi que les premières observations directement effectuées sur ces données avant traitement par CHIC

3.1 Exercices considérés et données recueillies

Les données recueillies concernent, ici, d'anciennes prises d'informations réalisées dans le cadre d'une recherche antérieure. Ces données portent principalement sur le développement opératoire. Elles relèvent de l'Echelle Collective de Développement Logique (ECDL de F. Longeot) soumise à des élèves de classe de 6ème (1ère occasion), puis soumise, aux mêmes élèves (2ème occasion) en classe de 5ème l'année suivante (Cf C. Pellois, 1986). Mais, ces données concernent aussi, aux deux occasions, des performances multiples et variées, dont des performances en termes de facteur G (épreuve D48). Le traitement des données, ici développé, concerne, pour l'essentiel, l'ECDL et le D48. Mais d'autres données ont également été traitées et peuvent amener, accessoirement dans ce texte, à des remarques complémentaires ou, ultérieurement, à une présentation écrite plus complète. Qu'en est-il des épreuves donnant lieu ici à un traitement approfondi, en particulier à l'aide du logiciel CHIC ?

L'ECDL, qui traite de l'estimation du niveau de développement opératoire, est composée de quatre parties.

Une 1ère partie contient trois sous-parties de deux séries de cases à contenus différents d'une sous-partie à une autre, se croisant avec, à l'intersection, une case commune vide de contenu. Le but de l'exercice est de trouver le contenu de la case à l'intersection des deux séries de cases. La première sous-partie (Croisement « images ») contient des images évoquant pour une série, par exemple, la mer, et pour l'autre série des animaux. Il convient de rechercher parmi des vignettes disposées à côté des séries celle qui convient à la case placée au croisement des deux séries, c'est-à-dire, dans l'exemple ici considéré, l'image d'un animal de la mer, soit un poisson. La seconde sous-partie (Croisement « mots ») fait se croiser des séries de mots. Par exemple, les séries portent sur des prénoms et des fleurs. Le choix correct du mot à inscrire dans la case vide, parmi ceux qui sont présentés, est, alors, celui du mot « Marguerite », référant à la fois aux fleurs et aux prénoms. La troisième sous-partie (Croisement « lettres ») présente deux séries de lettres, par exemple, l'une commençant par la lettre E l'autre composée de lettres se suivant selon l'ordre de l'alphabet. La bonne réponse consiste alors à retenir pour la case vide, à l'intersection des deux séries, la combinaison de lettres EFG. Ces exercices relèvent, selon l'auteur de l'épreuve, d'un sous-stade, dit « intermédiaire », tenant à l'intersection de classe, sous stade placé entre le stade des opérations concrètes et celui des opérations formelles.

Une seconde partie de l'épreuve traite de la logique des propositions sur des énoncés verbaux à propos de lampes allumées et/ou éteintes sous la forme de « … doit … », « … sont toujours … ensemble.», « Pour que … il faut que … » (épreuve « Lampes »). Dans ces exercices, il est affiché une règle, par exemple, du type : « Une seule lampe doit être allumée », et une question est posée, par exemple, ici, « La lampe A est éteinte comment est la lampe B ? ». Le sujet doit choisir la proposition qui convient entre trois propositions, qui sont, pour l'exemple ici proposé : « La lampe B est allumée », « La lampe B est éteinte », « On ne peut pas savoir si la lampe B est allumée ou éteinte ». Cette partie de l'épreuve aborde, dans la succession des difficultés logiques, les modus *ponens*, *tollens*, et le cas de *l'indétermination* de la logique propositionnelle, telle que développée dans les écrits piagétiens. Elle est composée d'exercices au niveau concret, intermédiaire et formel (sous-stade formel A).

Une troisième partie de l'épreuve (intitulée « Dessins »), traite de la coordination de mouvements d'un crayon, se déplaçant latéralement, sur un rouleau entouré d'une feuille de papier, rouleau qui tourne sur lui-même à l'aide d'une petite manivelle. Le crayon et le rouleau se déplacent successivement ou simultanément, à des vitesses variables. Par exemple, un exercice présente, d'une part, le schéma figuratif indiquant un déplacement à partir d'une croix, du crayon sur une ½ longueur d'un rouleau qui ne tourne pas. Il présente, d'autre part, l'énoncé suivant : « ½ aller du crayon ». Le sujet doit reproduire sur une feuille schématisée par un cadre blanc contenant en son coin supérieur gauche une croix, le tracé du crayon correspondant au schéma et à l'énoncé, soit, dans l'exemple ci-dessus, un trait horizontal allant jusqu'à la moitié du cadre symbolisant la feuille de papier. Cette partie d'épreuve est composée d'items concrets, intermédiaires et formels (sous--stade formel B).

Une quatrième partie de l'épreuve (appelée « Jeu de lettres ») aborde la notion, au sens piagétien, de la « combinatoire ». Il s'agit, dans cette épreuve, de trouver toutes les manières différentes de rangement de plusieurs lettres proposées dans plusieurs cases. Par exemple : trois lettres sont proposées dans trois cases accolées, le sujet doit inscrire toutes

les différentes possibilités de rangement dans des séries de trois cases vides accolées. La même question est posée pour quatre lettres. Les dernières questions demandent, ensuite, et ceci sans les écrire dans des cases, combien de manières différentes il y a de ranger cinq puis six lettres. Cette partie d'épreuve est composée d'items concrets et formels (sous-stade formel A et formel B).

Le score maximum qu'un élève peut obtenir à cette épreuve est de 20. Le D 48 qui traite de la question de la mesure des performances en termes de facteur G est composé, lui, d'exercices portant sur des dominos schématisés par des doubles cases accolées, cases dans lesquelles des points sont présents en nombre variant de un à six pour chaque case accolée. Chaque exercice est composé de séries de dominos plus ou moins différents. Il s'agit de comprendre la règle ou les règles associant les dominos différents, ceci afin de trouver le contenu d'un domino présenté en traits pointillés. Par exemple, des dominos se succèdent dans une progression de type 1/1 2/2 3/3 1/1 2/2 3/3, il convient d'inscrire le contenu du 7ème domino, soit 1/1. Dans ces exercices, il s'agit donc de trouver selon quelle règle s'ordonnent les nombres de points à l'intérieur des dominos, et, connaissant cette règle, de trouver le contenu du domino vide. Le nombre total d'exercices de l'épreuve est de 44. Le nombre de sujets concernés par la passation de L'ECDL, et du D48, à la 1ère et 2nde occasion, est, lui, de 203 élèves.

3.2 Les premières observations directes des données recueillies portant sur le développement opératoire

Qu'en est-il des observations directes faites des résultats obtenus aux deux occasions ?

Une première observation : lorsque l'on examine les résultats bruts des performances, concernant le développement opératoire de l'intelligence, ceux-ci sont loin de s'inscrire dans une conformité stricte avec la théorie. Ils peuvent même relever de constats plus ou moins inattendus, sinon, même, à première vue, surprenants.

L'épreuve, traitant du développement opératoire, et utilisée ici (l'ECDL de F. Longeot) se compose bien, sous différents contenus et modalités, d'items relevant d'un stade dit « concret », d'un sous-stade dit « intermédiaire » entre le stade concret et le stade formel et des sous-stades « A » et « B » de ce stade dit « formel ». L'on devrait s'attendre à ce que ces stades et sous-stades soient investis successivement, les exercices du stade ou sous-stade de développement opératoire suivant n'étant réussis que lorsque les exercices des stades antérieurs le sont. On devrait également s'attendre à ce qu'une dynamique d'évolution entre la classe de 6ème et la classe de 5ème se traduise par une réussite des exercices de stades ou sous-stades supérieurs d'une classe à une autre, conduisant à un accroissement des performances de l'occasion 1 à l'occasion 2.

Les observations qui peuvent directement être faites indiquent bien qu'il y a assez souvent progression globale dans l'évolution des performances opératoires de la classe de 6ème à la classe de 5ème, mais que cette progression est variable, allant de la quasi-stagnation, un point (exemple : les sujets a1, a8, a9, b1[3]), à une évolution dynamique forte, sept points (exemple : les sujets c22, c23, d13, j4). De plus, cette progression est loin d'être la norme systématique. Il peut y avoir des stagnations complètes (exemple : les sujets a10, a13, a14, b13, c14, c18, c21), voire des régressions globales (exemple : les sujets a16, b15, c6, d22, e20, f7). Par ailleurs, il peut exister de la fluctuation de

[3] Pour tous ces sujets ici et dans la suite de ce texte, voir Pellois (1986), volume des Annexes, p. 111 à 156.

« l'expression » des sujets (Pellois, 2010, 2017) et/ou dans la mesure (par exemple, de l'occasion 1 à l'occasion 2 concernant l'épreuve « Croisements » : les sujets a1, a4, a14), traduisant une instabilité de la performance amenant à poser la question de l'incertitude sur la mesure, et, donc, l'observation faite.

En-deçà des variabilités intra-individuelles de performance ou de niveau opératoire atteint, il existe une variabilité très fréquente en termes de complétude ou d'incomplétude de réussite, à l'intérieur d'un même stade de développement. Des items d'un même niveau opératoire sont rarement réussis ensemble, d'emblée. Ils sont, assez souvent, notamment à la première passation, partiellement réussis (par exemple : au stade concret, pour les sujets a12, b14, b21, ou intermédiaire, tels les sujets a6, c18, d5), et ceci même sur des épreuves homogènes en termes d'opération logique (pour l'« intersection de classes de l'épreuve « Croisements » », il en est ainsi pour les sujets a1, a4, c1 à l'occasion 1). Si cela peut, à la rigueur, s'expliquer par un investissement plus ou moins progressif et généralisé d'un stade, ou sous-stade, cela n'explique pas la persistance d'échecs à la seconde passation un an plus tard (par exemple : sujets : b13, c14, c17). Cette persistance d'échecs, à un stade donné, est d'autant plus étonnante que ces échecs persistants peuvent être associés à des réussites plus ou moins importantes au stade suivant (par exemple : sujets a3, a10, b13). Ceci conduit à une autre forme d'incertitude sur le stade atteint et donc à des incohérences possibles d'analyse des données en matière de spécification du stade atteint au regard d'items C échoués avec quelques items I réussis, … ou échoués (notamment à l'épreuve « Croisements »), avec des items FA, voire FB, réussis (cf. approche davantage détaillée, plus avant dans ce texte) comme, par exemple, en ce qui concerne les sujets c8, d16, d21.

La compréhension différentielle, relevant de l'infra logique piagétien ou de la représentation iconique et/ou verbale/sémantique et, donc, du sens des contenus traités et des modalités procédurales de traitement en particulier spécifiques aux épreuves Croisements « images » et/ou Croisements « mots » et/ou Croisements « lettres », est-elle ici en jeu ? Celle-ci jouerait-elle au point de créer des résistances dans l'efficacité du traitement de données du sujet (par exemple : sujets h1, h16, j9, l22) et, ainsi, de le bloquer localement dans son développement opératoire, ce qui conduirait à des implications ne relevant pas de la théorie opératoire en son organisation logico-mathématique strictement emboîtée ? Comme évoqué ci-dessus, ceci peut aller très loin et concerner des items du niveau concret au regard d'items y compris formel B (par exemple, le sujet l12).

Cependant il convient d'élargir cela hors du champ piagétien. Il se pourrait qu'il existe des « modulations » de réussite tenant aux « compréhensions » verbale ou schématiques (spatiale/schématique ?) prises au sens large. Celles-ci pourraient même fortement perturber l'expression de la structuration logique du sujet. Une bonne « compréhension » verbale conduisant à une efficacité à l'épreuve « Lampes » au stade concret (à l'occasion 1) n'entraînerait pas nécessairement une efficacité à l'épreuve « Dessins » stade concret à la même occasion et vice-versa en ce qui concerne la « compréhension » spatiale/schématique. Également, des difficultés de « compréhension » spatiale/schématique à traiter des exercices à l'épreuve « Dessins », pourraient amener à des échecs au stade concret et intermédiaire à cette épreuve, alors que la bonne « compréhension » verbale à l'épreuve « Lampes » pourrait favoriser, pour celle-ci et parallèlement, l'expression de la maîtrise jusqu'à des opérations formelles A.

La réalité observée relèverait-elle d'une complexité insoupçonnée (par exemple, au sens d'E. Morin ? (2017) sous toutes ses formes internes, contextuelles, voire d'ordre plus

ou moins rationnel et du fait de l'intrication multiples de facteurs pas tous nécessairement repérés ou repérables, et donc plus ou moins inventoriés, d'un *« système »* qui resterait largement ouvert ?

La question serait bien, alors, de savoir de quoi peut bien relever ces différentes *« irrégularités »* là où la conception théorique strictement emboîtée ne peut les expliquer. A fortiori, le modèle théorique de la rupture qualitative de structures emboîtées logiquement à la manière d'une forme de « Lego logico-mathématique », et, ici, qui se « construit » progressivement dans le temps[4], ceci au regard de la multitude des irrégularités observées, tient-il ? Enfin le développement opératoire est-il effectivement et « nécessairement » l'expression d'un facteur général d'intelligence, le fameux facteur G précédemment évoqué et agissant, hors « logique opératoire », sous différentes formes, modalités et contenus ? C'est à ces questions que la suite de ce texte va tendre à répondre en utilisant CHIC comme outils de traitement des données disponibles.

4 Les traitements des données par l'ASI

Ce traitement a été fait à l'aide du logiciel CHIC version 6.d.

4.1 Le développement opératoire, implication au sens de la théorie opératoire

Il sera question ici de la « structure » opératoire emboîtée et de son évolution.

4.1.1 Sommes-nous dans une situation de fluctuation des performances ou existe-t-il bien une progression massive, avec relation implicative, des performances de l'occasion 1 à l'occasion 2 ?

Pour traiter de cette question l'analyse implicative a été utilisée sur la base de données relative au groupe considéré, le pourcentage de réussite de chaque sujet étant calculé dans la fourchette stricte des performances réalisées par le groupe à chaque occasion. Il existe donc un sujet affecté de la valeur 0 et un sujet affecté de la valeur 1 aux deux occasions. Tous les autres sujets se répartissent entre ces deux valeurs. Cette échelle de répartition a été qualifiée de répartition « relative ».

Or l'ensemble du groupe voit, et ceci du fait de l'évolution moyenne en termes de stade et donc de la performance opératoire, sa performance « brute » augmenter. Cette performance « brute » correspond, elle, au pourcentage de réussite, par rapport au score maximum. Cette répartition « brute » a été, ici qualifiée « d'absolue » au regard de l'échelle des scores ramenés à la valeur théorique maximale. Dans ce cas, la moyenne du groupe considéré passe de 0.44 à 0.55, soit une différence de près d'un écart type, de la 1ère à la 2nde occasion.

Le fait de traiter de la position « relative » du groupe à chaque occasion a pour effet de supprimer la part de progression pour l'ensemble des sujets entre l'occasion 1 et l'occasion 2 (la moyenne est de 045 à la première occasion et de 0.41 à la seconde, soit une différence de l'ordre de 1/5 d'écart type). Dans ce cas de figure le résultat

[4] Et donc relevant d'une logique asymétrique, au sens du développement piagétien, par ruptures qualitatives, ou celle, plus large, de l'analyse systémique (Durand, 2004), et, entre autres choses, le rapport tout/partie tel qu'évoqué par R. Gras (2018), en particulier p. 164-165.

« implicatif » est le suivant. (Op1 : performances opératoires à l'occasion 1, Op2 : performances opératoires à l'occasion 2)

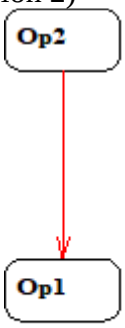


Figure 1 – Graphe implicatif des performances opératoires mesurées à 2 occasions

Les résultats indiquent bien une relation implicative faisant « dépendre » le niveau opératoire à la seconde occasion du niveau opératoire à la 1ère occasion. Pour une valeur implicative de 92. Avec un indice de cohésion de 912.

Traiter directement sur la base d'une répartition « absolue » des scores, c'est-à-dire en rapport avec la performance maximale, mène, elle, à un résultat jugé « absurde », sauf à ce que la flèche du temps soit réversible ! Et pour lequel Op1 « impliquerait »[5] Op2 … Ce qui semble jouer là relève vraisemblablement d'un artefact et de modalités interprétatives déjà évoquées dans de précédentes publications (cf. en particulier, Pellois, 2007, 2013a). Une explication peut donc être donnée à cela. Le fait que la structuration opératoire se développe se traduit par des performances qui évoluent de manière essentiellement positive, de la 1ère à la 2nde occasion, ce qui amène à observer que de « faibles » scores à l'occasion 1 sont plutôt associés à des scores « faibles » ou plus « élevés » à l'occasion 2 et des scores « élevés » à l'occasion 1 restent associés à des résultats élevés à l'occasion 2 mais pas, ou rarement, à des scores plus « faibles » à cette seconde occasion. Auquel cas se vérifie effectivement la « curieuse » relation témoignant simplement du dynamisme du développement opératoire à l'âge des élèves et aux niveaux scolaires considérés (classes de 6ème et 5ème).

En revanche, la transformation des données sous les deux formes en données dichotomiques de part et d'autre de la moyenne de performance pour les deux répartitions et à chaque occasion confirme, dans les deux cas de figure de répartition des données, la relation selon laquelle la performance opératoire à l'occasion 2 « implique » bien la performance opératoire à l'occasion 1.

De même il existe une relation d'implication, dans le cas, et seulement dans ce cas, de la répartition relative, des performances opératoires à l'occasion 2 avec l'évolution de ces performances de l'occasion 1 à l'occasion 2 mais pas de relation implicative entre performances opératoires à l'occasion 1 et cette évolution opératoire (Evolop) (cf. ci-dessous).

[5] Pour une valeur implicative un peu plus faible de 80 et un indice de cohésion nettement plus faible de 0.685, par ailleurs les coefficients de corrélation et de similarité sont pratiquement identiques pour les deux formes de répartition.

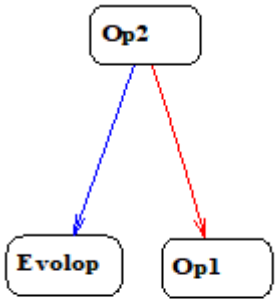


Figure 2 – Graphe implicatif des performances opératoires mesurées à deux occasions et de l'évolution de ces performances

Par ailleurs, la corrélation entre les scores op1 et leur évolution est négative (-.29). Cela peut aisément s'expliquer par le fait que, plus le niveau de performance opératoire est élevé au départ, plus, la marge d'évolution des performances, du fait de la limitation du score maximum à vingt points, est faible. Un élève observé à l'occasion 1 au stade concret peut présenter un score de six points et, donc, dispose d'une marge de manœuvre de quatorze points, permettant des évolutions appréciables (par exemple, les sujets a3, b10, d13, m2), alors que le sujet qui se situerait à cette occasion 1 au stade formel A (seize points) ne disposerait que d'une marge d'évolution possible réduite (au plus de quatre points, comme les sujets b16, g10, i19) …

Serait-ce alors ce qui ferait dans le schéma cohésitif (voir ci-dessous) « l'indépendance » affichée de l'évolution du score au regard de la relation effective (ici cohésitive) entre score op1 et score op2 ?

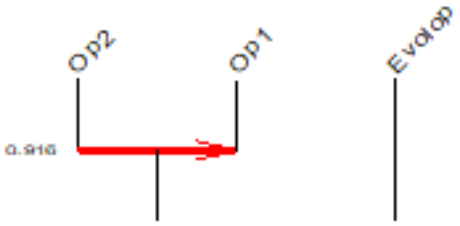


Figure 3 – Graphe cohésitif des performances opératoires et de leur évolution entre les 2 occasions

Ici aussi, comme précédemment, concernant les données « brutes », et cela s'ajoute aux imprécisions antérieurement évoquées, les modes de restitution des données traitées par CHIC (répartitions « absolues » et « relatives ») comme le cadre effectif de la mesure effectuée (« distance » au score maximum possible de l'épreuve considérée) viennent abonder le degré de certitude/incertitude des interprétations des traitements de données réalisés par CHIC.

4.1.2 Que ce soit à l'occasion 1 ou l'occasion 2, l'analyse des données confirme-t-elle bien la logique en structures et sous structures organisationnelles de niveau différents et logiquement emboîtées (stades et sous-stades opératoires) ?

A la différence de la situation précédente, et au regard de l'observation envisagée, le traitement des données, cette fois-ci, ne peut porter que sur les scores en pourcentage de réussite au regard du score maximum possible pour chaque stade ou sous-stade de

développement ici considéré. Mais la difficulté antérieurement évoquée ne joue plus puisque ce traitement des données se fait séparément pour chaque occasion.

- Résultats à l'occasion 1 (concret : C1, intermédiaire : I1, formel A : FA1, formel B : FB1)

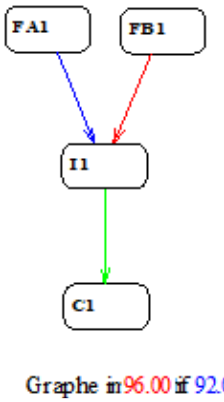


Figure 4 – Graphe implicatif des performances réalisées à chaque stade du développement opératoire à la 1ère occasion

- Résultats à l'occasion 2 (concret : C2, etc.)

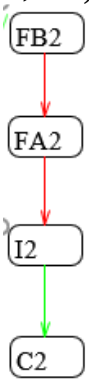


Figure 5 – Graphe implicatif des performances réalisées à chaque stade du développement opératoire à la 2ème occasion

- Résultats à l'occasion 1 à des seuils d'implication moins élevés

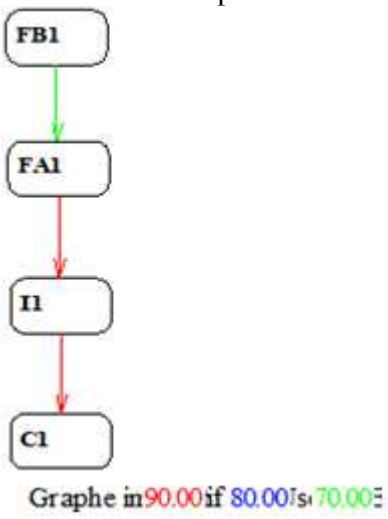


Figure 6 – Mêmes données que la figure 4 mais à des seuils moins élevés

- **Interprétation des résultats**

Après traitement par CHIC, les rapports observés, entre les différents stades de développement amènent à confirmer, à la 1ère comme à la 2nde occasion, une double pertinence : celle de la conception globale en termes de stades opératoires de développement selon le modèle piagétien, et de la méthodologie de mesure utilisée ici par l'ECDL, pour en rendre compte. Mais les liaisons implicatives observées sont, d'une part, de valeur plus ou moins élevées, et, d'autre part, en fonction des seuils d'implication utilisés, les configurations sont légèrement différentes. Une interprétation plausible peut être que l'investissement en termes de stades de développement, se fait essentiellement à l'occasion 1 aux stades concret et intermédiaire, et, accessoirement au sous-stade formel A, voire B, alors qu'à l'occasion 2, il se fait principalement au sous-stade formel FA, mais aussi au sous-stade formel B, la maîtrise au stade concret, voire intermédiaire, étant, alors plus ou moins largement dépassée. Cependant une liaison implicative persiste dont le sens pourrait relever des observations initiales sur la pertinence d'échecs aux stades antérieurs alors que les stades suivants sont déjà investis. Cela pourrait-il tenir, aussi, et par-delà la question de stades de développement, aux modalités et contenus différents d traitement des données par les élèves considérés ?

4.2 Le développement opératoire : rôle des modalités et des contenus

Il s'agit de traiter, ici, des modalités et contenus dans lesquels des structures d'opérateurs logiques sont « convoquées » par le sujet, mais aussi d'aborder la question des procédures utilisées.

4.2.1 Traitement par CHIC sur données relevant de modalités et contenus différents, à chaque stade de développement, ceux-ci considérés séparément

- Contenus par stade occasion 1

* Contenus au stade concret (épreuve « Lampes » : Lp1C, épreuve « Dessins » : De1C, épreuve « Jeu de lettres » : JL1C)

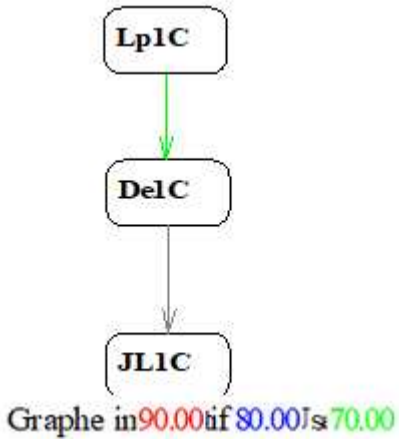


Figure 7 – Graphe implicatif des items au stade concret à la 1ère occasion

* Contenus au stade intermédiaire (épreuve « Dessins » : De1I, épreuves Croisements « mots », « images », « lettres » : Crmo1, Crim1, Crjl1, épreuve « Lampes » : Lp1I)

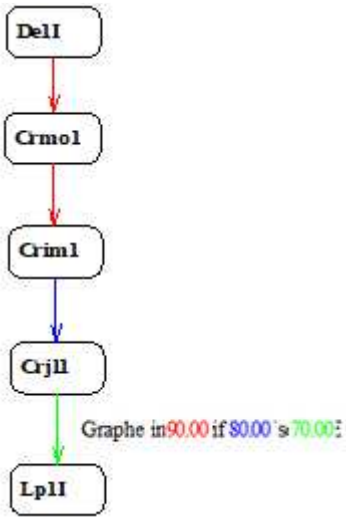


Figure 8 – Graphe implicatif des items au stade intermédiaire à la 1ère occasion

* Contenus au stade formel A (épreuve « Lampes » : Lp1FA, épreuve « Jeu de lettres » : JL1FA)

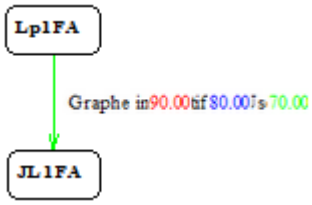


Figure 9 – Graphe implicatif des items au stade formel A à la 1ère occasion

* Contenus au stade formel B (épreuve « Dessins » : De1FB, épreuve « Jeu de lettres » : JL1FB)

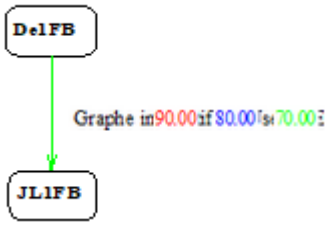


Figure 10 – Graphe implicatif des items au stade formel B à la 1ère occasion

- Contenus par stade occasion 2

* Contenus au stade concret (idem occasion 1 mais avec le chiffre 2)

Aucune trace d'implication n'est observée aux seuils précédemment utilisés. Toutefois, il apparaîtrait des « traces » d'implication partielle à un seuil très bas.

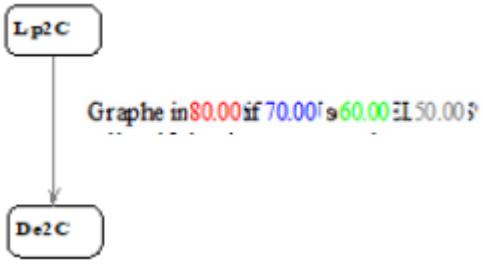


Figure 11 – Graphe implicatif des items au stade concret à la 2ème occasion

* Contenus au stade intermédiaire (idem occasion 1 mais avec le chiffre 2)

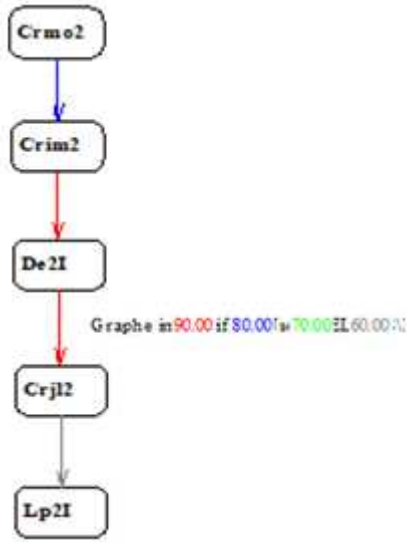


Figure 12 – Graphe implicatif des items au stade intermédiaire à la 2ème occasion

Contenus au stade formel A (idem occasion 1 mais avec le chiffre 2)

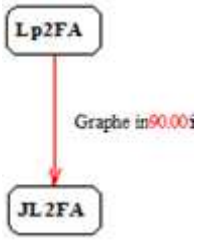


Figure 13 – Graphe implicatif des items au stade formel A à la 2ème occasion

Contenus au stade formel B (idem occasion 1 mais avec le chiffre 2)

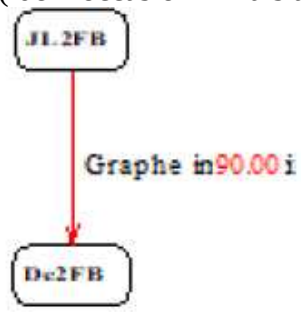


Figure 14 – Graphe implicatif des items au stade formel B à la 2ème occasion

- Interprétation des résultats

Si la logique implicative en termes de stades de développement apparaît initialement comme pertinente, les résultats nouveaux obtenus par le traitement à l'aide de CHIC des données concernant les contenus, viennent sinon contredire du moins nuancer, voire compléter les conceptions initiales, confirmées au point 4.1., en termes essentiellement structuraux de stades de développement. S'il existe une « logique » emboîtée, et donc implicative en termes de stades de développement, relevant du Lego logico-mathématique sous-jacent à la pensée « hypothético/déductive » de la théorie opératoire de l'intelligence, il existerait également une « réalité » de relations implicatives entre différentes modalités et contenus, sur lesquels portent les opérations logiques considérées, réalité attestée par les résultats ci-dessus. Ce poids référerait-il, a minima, par exemple,

au domaine infra logique tel qu'évoqué par Piaget lui-même, celui-ci n'étant pas nécessairement, et systématiquement « inféodé » au logico-mathématique ?

Les résultats obtenus, certes, à des seuils le plus souvent identiques, mais aussi, pour certaines liaisons, nettement plus faibles que précédemment, sont remarquables, par le fait que les liaisons implicatives apparaissent assez systématiquement et même peuvent être, parfois, comparables de l'occasion 1 à l'occasion 2. Mais, suivant les stades considérés, c'est tantôt les exercices de l'épreuve « Lampes » (stade concret) tantôt les exercices de l'épreuve Croisements (plus ou moins Croisements « mots » au stade intermédiaire), tantôt les exercices de l'épreuve « Dessins » (stade intermédiaire et formel A à l'occasion 1), tantôt les exercices de l'épreuve « Jeu de lettres » qui « impliquent » et/ou apparaissent comme plus difficiles que ceux d'autres exercices. Les seules différences d'une occasion à une autre sont l'absence de positionnement de Jl (épreuve « Jeu de lettres ») au stade concret à la 2nde occasion, le glissement de la position de De I (épreuve « Dessins ») au stade intermédiaire, et un glissement comparable au stade formel B. Ceci pourrait tenir à un effet possible, en retour, de maîtrise partielle de la structure opératoire acquise, pour certains sujets, de l'occasion 1 à l'occasion 2. Observation encore plus remarquable, le fait, pour une partie importante des élèves considérés, d'évoluer en stade de développement de l'occasion 1 à l'occasion 2 ne semblerait, ici, n'avoir que peu d'effet sur la persistance des ordres implicatifs concernant les modalités et contenus de la 1ère à la 2nde occasion …

Mais s'il y a relation implicative au sens de l'ASI, s'agit-il pour autant de « logique implicative » au sens du *« Lego logico-mathématique »* de la conception opératoire piagétienne de l'intelligence ? Il pourrait s'agir (cf. Pellois, 2007) de relations relevant de niveaux différents de difficulté des contenus et modalités traités et ceci sans que soit en cause nécessairement la structuration logique, même fine et non encore généralisée à tous les contenus, de l'expression de *« l'intelligence »* opératoire des sujets. Cependant ces résultats viennent bien, ici, nuancer sinon introduire une marge d'incertitude concernant la structuration logique en stades de développement, et introduire des aspects d'incertitude sur l'interprétation qui pourraient être faite concernant les implications observées, à structure équivalente, entre des modalités et contenus différents. S'agirait-il là de décalages horizontaux relevant du domaine infra logique, ou d'acquisitions régionales, voire plus « locales » ou niveaux de difficultés différentes de traitement de données, avant généralisation en termes de stade acquis, ou d'obstacles modalités/contenus à l'application des opérateurs logiques ? La question ici reste ouverte. Mais, alors, une autre question émerge : ces difficultés, relevant des contenus et des modalités, et, donc, peut-être des procédures mises en œuvre par les élèves considérés vont-elles jusqu'à interférer avec la logique de stades de développement jusqu'à inscrire une « logique » implicative en termes de *structures*, et donc stades et sous-stades de développement, a minima, s'entrecroisant avec l'autre « logique » d'implication à savoir de la difficulté/facilité tenant aux procédures de traitement appliquées aux modalités et contenus des exercices proposés ? Une manière d'aborder cette question peut être de traiter conjointement les différentes données précédentes, modalités et contenus différents, tous stades confondus, à l'occasion 1 puis à l'occasion 2.

4.2.2 Traitement par CHIC de données, relevant de modalités et contenus différents de tous les stades de développement, prises ensemble

- Traitement des données à l'occasion 1 (plus faibles exigences de seuils)

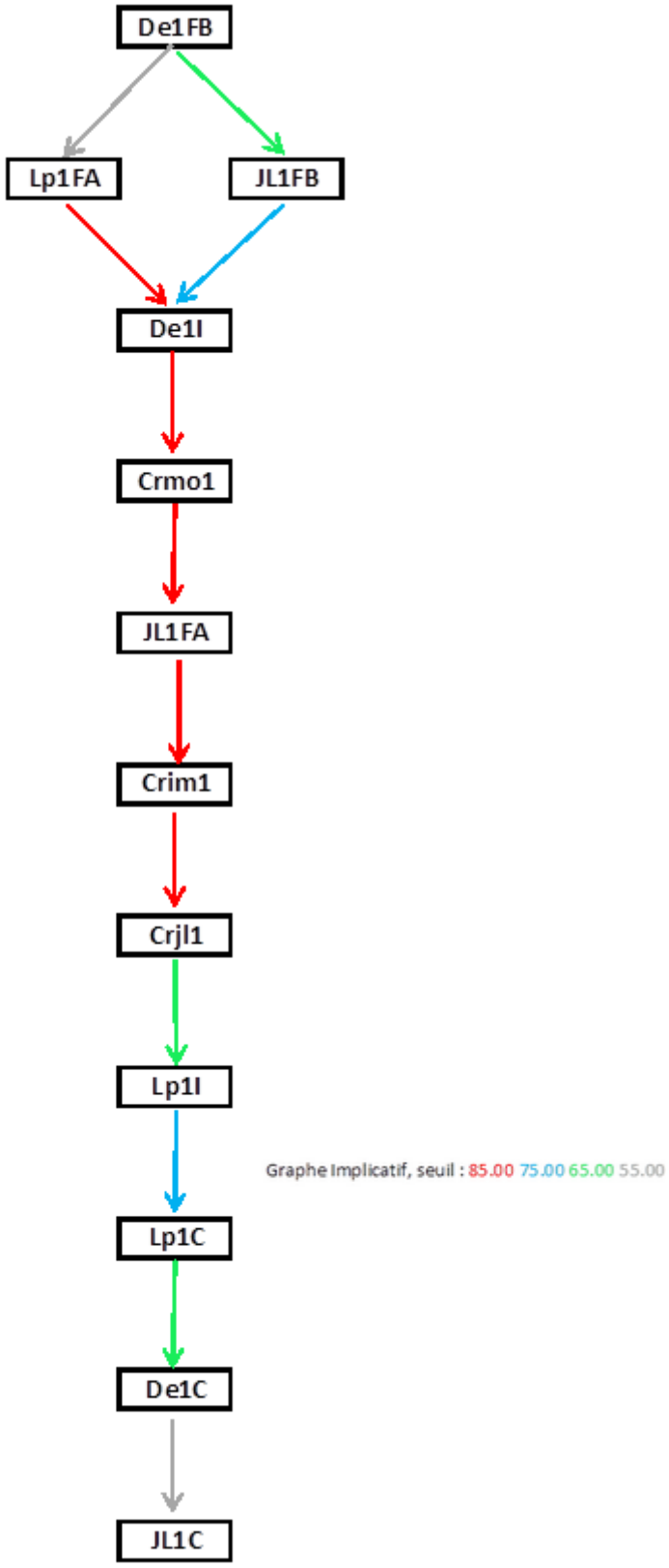


Figure 15 – Graphe implicatif des items tous stades confondus à la 1ère occasion (seuils faibles)

- Traitement des données à l'occasion 1 (plus fortes exigences de seuils)

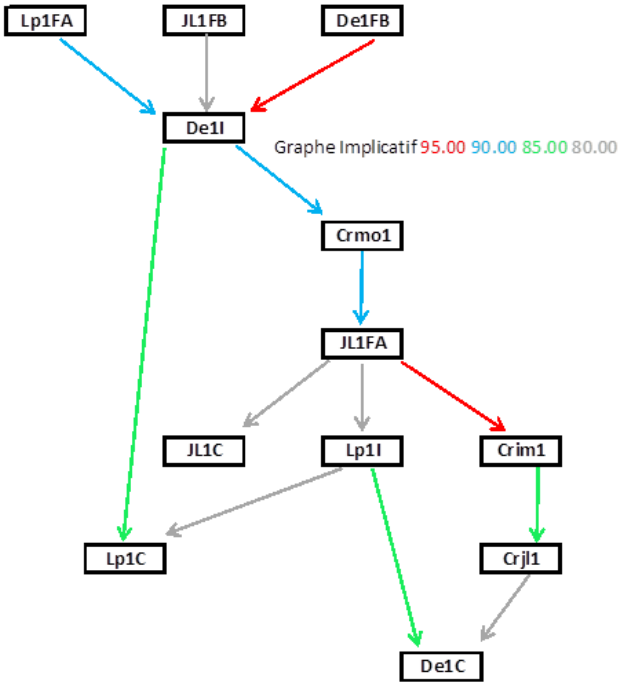


Figure 16 – Graphe implicatif des items tous stades confondus à la 1ère occasion (seuils élevés)

- Traitement des données à l'occasion 2 (plus faibles exigences de seuils)

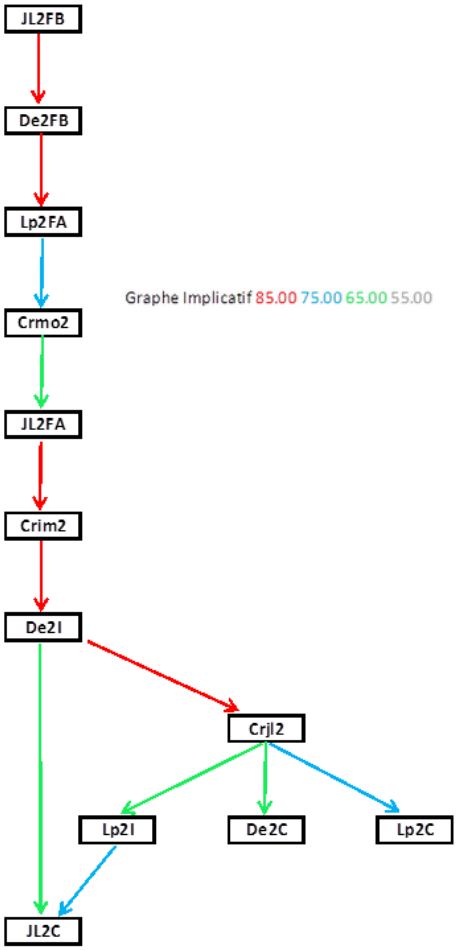


Figure 17 – Graphe implicatif des items tous stades confondus à la 2ème occasion (seuils faibles)

- Traitement des données à l'occasion 2 (plus fortes exigences de seuils)

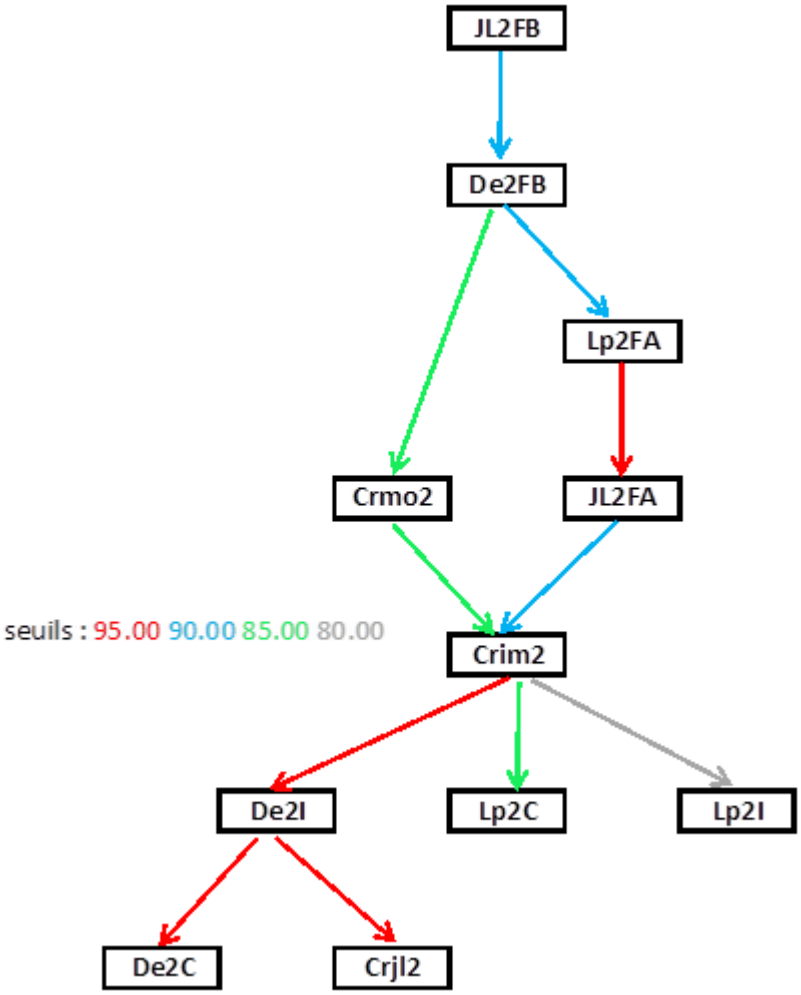


Figure 18 – Graphe implicatif des items tous stades confondus à la 2ème occasion (seuils élevés)

- Interprétation des résultats

Des résultats en termes de relation implicative varient, aux mêmes seuils retenus, d'une occasion à une autre (exemple : positions inversées, dans la chaîne de De1I-Crim1 à Crim2-De2I), d'autres perdurent d'une occasion à une autre (exemple : positions inchangées, dans la chaîne de Lp1FA-JL1FA, et de Lp2FA-JL2FA). Mais des formes générales de relations varient aussi en fonction des seuils utilisés pour rendre compte de l'ensemble des liaisons conduisant à des jeux interprétatifs qui peuvent varier en fonction des représentations graphiques fournies par CHIC (exemple : Lp1I et Crim2). Il existe donc de nouveau, ici, comme déjà évoqué, de l'incertitude, celle-ci portant, là, davantage que précédemment peut-être, sur ces jeux interprétatifs possibles en fonction, notamment, des formes, des relations implicatives, à la marge, différentes, relatives aux seuils choisis et appliqués.

Ces formes, suivant les seuils considérés, peuvent renvoyer plus ou moins à des relations implicatives successives et/ou à des nœuds différents. Une manière de traiter de cette incertitude quant aux interprétations explicatives peut être de retenir un niveau élevé d'exigence de seuil ceci afin de tenir compte de relations « fragilisées » par le jeu, déjà évoqué dans le domaine des sciences humaines, de fluctuations inhérentes habituellement au recueil de données.

Que nous disent ces résultats aux seuils les plus élevés choisis ? Tout d'abord que la logique en termes de stades structuraux de développement s'imbrique bien, au moins à la marge avec la logique en termes de modalités de traitement et contenus traités (procédures de traitement ?) que ce soit à l'occasion 1 ou à l'occasion 2.

Certes, dans la hiérarchie de la difficulté/implication, et que ce soit à l'occasion 1 ou à l'occasion 2, des épreuves apparaissent au sommet du jeu de relations implicatives tels que Jl FB, De FB et Lp FA. Ceci peut être dit tout en sachant que nous ne sommes pas dans une chaîne transitive de relations implicatives de type : si a=>b et b=> c, alors a « impliquerait » c (Gras, 2018). Mais si ces items apparaissent (car relevant du stade formel B et du stade formel A), sans surprise, au sommet des couples de relations implicatives, il existe des items, notamment Croisements « mots » (stade intermédiaire) mais aussi de l'épreuve « Dessins » (également stade intermédiaire), qui se placent à des niveaux intermédiaires et qui « impliqueraient » même des items FA (De1I et JL1FA et Crmo1 au regard de JL1FA, voire Crmo2 au regard de Jl2FA, cependant à des seuils choisis plus faibles). Il existe, ensuite des jeux de relations parallèles suggérant une certaine vicariance[6] dans le développement opératoire (par exemple : aux seuils les plus élevés, à l'occasion 1 JL1FA, Lp1I, De1C et JL1FA, Crim1, CrJl1, De1C, et, à l'occasion 2 De2FB, Crmo2, Crim2 et De2FB, Lp2FA, JL2FA, Crim2). Il existe aussi d'autres relations sous forme de « nœuds » d'interrelations, évoquant, par exemple, ici, parmi d'autres suggestions possibles, l'expression de phénomènes, tels que la pléiotropie ou l'épistasie, bien connus dans le domaine de la génétique (Roubertoux, 2004), comme la réussite à un item (simple ou composé de plusieurs exercices) implique la réussite à plusieurs autres (exemple : JL1FA ou De2I) et/ou des réussites à plusieurs items « nécessitent » la réussite à un autre (exemple : De1I, Lp1C, De1C). Enfin d'autres sont dans les deux positions à la fois (exemple : Crim2).

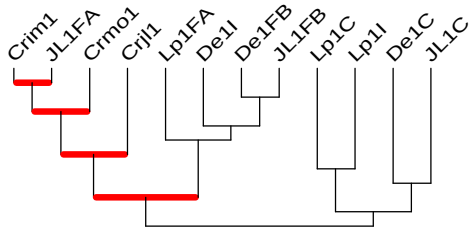
Mais, là comme antérieurement, il convient d'être prudent. Il s'agit de ne pas s'enfermer dans un jeu de relations ici particulièrement complexe. Ce jeu articulerait structures logiques opératoires et procédures traitant des modalités et des contenus des exercices proposés, ici associés dans l'analyse. Si ce jeu peut relever d'une logique interprétative de relations implicatives, certes, en une « chaîne » non transitive, les interprétations peuvent aussi être envisagées en termes de niveaux de difficultés, ces difficultés n'étant pas nécessairement anticipées initialement, au regard du modèle structural. Ainsi, les niveaux différents de difficultés pourraient tout aussi bien rendre compte des résultats obtenus. Là aussi de l'incertitude interprétative demeure.

Ces résultats suggèrent néanmoins qu'il peut y avoir dans le développement de l'intelligence, comme dans son expression, des voies combinant différemment des réussites à des items. Une voie relèverait (1ère voie) du langage et de la langue, passant par la réussite à l'épreuve Croisements « mots », la réussite à l'épreuve « Lampes », « s'articulant » ou pas avec une autre voie (2nde voie) de réussite à l'épreuve Croisements « lettres » et l'épreuve « Jeux de lettres » (tel que les voies De2FB, Crmo2, Crim2 et De2FB, Lp2FA, JL2FA, Crim2). Et, donc, dans le cas de cette 2ème voie, une certaine « combinatoire » pourrait relever d'un « savoir-faire », des sujets considérés, très général, articulant déduction et induction d'inférences sur des ensembles de lettres.
Cette 2nde voie s'articulerait, ou pas (ou de manière davantage « mixte » à l'occasion 1), avec des représentations plus spatiales (3ème voie ?), plus imagées de l'épreuve Croisements « images » et/ou de l'épreuve « Dessins » (occasion 2).

[6] Ou « équifinalité » de cheminements, au sens de Longeot, 1978, repris dans Pellois, 2005.

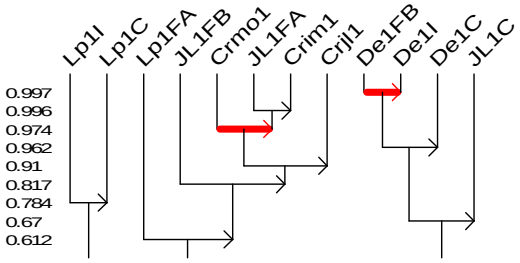
Clarifier cela ne passerait-il pas par les résultats obtenus en termes de similarité et de « structure » cohésitive ?

- Similarité et structure cohésitive à l'occasion 1



Arbre des similarités : C:\Users\PELLOIS\Desktop\A op1 dét.csv

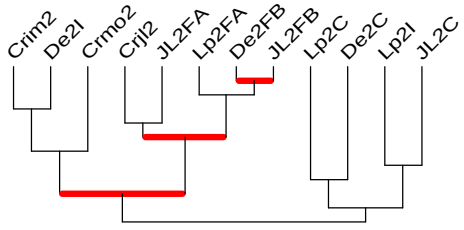
Figure 19 – Graphe des similarités occasion 1



Arbre cohésitif : C:\Users\PELLOIS\Desktop\A op1 dét.csv

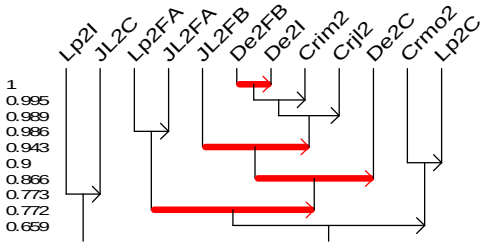
Figure 20 – Graphe cohésitif occasion 1

- Similarité et structure cohésitive à l'occasion 2



Arbre des similarités : C:\Users\PELLOIS\Desktop\A op2 dét.csv

Figure 21 – Graphe des similarités occasion 2



Arbre cohésitif : C:\Users\PELLOIS\Desktop\A op2 dét.csv

Figure 22 – Graphe cohésitif occasion 2

Synthèse et interprétation des résultats

A l'occasion 1, la hiérarchie au sens de la similarité associe deux sous-ensembles l'un réunissant essentiellement des items de niveau du stade concret des épreuves « Lampes », « Dessins » et « Jeu de lettres » et un item de niveau intermédiaire de l'épreuve « Lampes ». L'autre sous-ensemble contient tous les autres items, mais celui-ci est lui-même subdivisé en deux sous-ensembles, l'un regroupant toutes les épreuves Croisements (stade intermédiaire) et l'item de l'épreuve « Jeux de lettres » niveau FA, l'autre les items des épreuves « Lampes » (items FA) « Dessins » (I et FB) et « Jeu de lettres » (FB) restants.

A l'occasion 2, l'analyse hiérarchique, en termes de similarité, est sensiblement identique dans son ensemble, simplement des glissements se produisent dans le second sous-ensemble dans ses deux sous-parties (déplacements de Crjl, DeI et JLFA)

A l'occasion 1, l'organisation cohésitive, définit des jeux « de règles de règles » en trois sous-ensembles dissociés : un sous-ensemble cohésitif simple associant les items de l'épreuve « Lampes » aux niveaux concret et intermédiaire, un sous-ensemble cohésitif associant les items de l'épreuve « Dessins », tous stades confondus, et l'item concret de l'épreuve « Jeu de lettres », un sous-ensemble cohésitif associant les items de l'épreuve « Croisements », les items FA et FB de l'épreuve « Jeu de lettres » et FA de l'épreuve « Lampes ».

A ce niveau de l'organisation opératoire partielle de l'ensemble des sujets, les modalités et contenus différents des épreuves considérées (plus spatiaux/représentatifs concernant le sous-ensemble autour de l'épreuve « Dessins », plus combinatoire et verbal concernant les épreuves Croisements, « Jeu de lettres » et, dans une moindre mesure,

« Lampes ») prendraient elles le pas, dans les stratégies élaboratrices de solutions, sur le développement de l'organisation opératoire ?

A l'occasion 2 il n'existe plus que deux organisations disjointes avec des bouleversements importants dans l'expression du « jeu » cohésitif. Tout se passe comme si des transformations « homogénéisatrices » étaient à l'œuvre de l'occasion 1 à l'occasion 2.

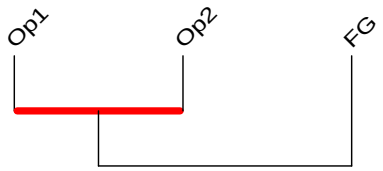
L'organisation opératoire globale et grandissante des sujets considérés permettrait-elle, au point de vue des réussites à des exercices aux modalités et contenus fortement contrastés (cf. § précédent), de dépasser ces différences pour permettre que se mette en place une efficacité d'ordre « supérieure » ?

Autrement dit l'évolution « cohésitive » ne traduirait-elle pas deux processus dynamiques distincts à l'œuvre dans l'expression de l'efficacité cognitive des sujets évoluant de la classe de 6ème à la classe de 5ème ? A savoir, ne s'agirait-il pas, à l'occasion 1, d'un *processus dynamique* plus *inductif* relevant de procédures et modalités de traitement des items plus directement en prise avec les contenus différents à traiter, ceci dans une phase d'élaboration des structures opératoires de l'intelligence ? A contrario, ne s'agirait-il pas, à l'occasion 2 d'un *processus dynamique*, qui, la structuration opératoire arrivant à sa « clôture » ou, au moins à un niveau de développement suffisant, procéderait de manière davantage *déductive* ? Et cela n'aurait-il pas un effet davantage homogénéisateur d'ensemble, les organisations d'opérateurs logiques acquises permettant un détachement voire une meilleure autonomie des capacités à traiter des problèmes considérés quels que soient leurs contenus ?

5 Le rapport du développement opératoire au facteur général d'« intelligence » (facteur G)

Seront abordées dans cette section la question du rapport global à la pensée opératoire et celle du rapport aux différentes expressions de cette pensée opératoire.

5.1 Le rapport des performances opératoires globales (occasion 1 et 2 : Op1, Op2) à celle réalisée en termes de facteur G (FG), 1ère approche de la question

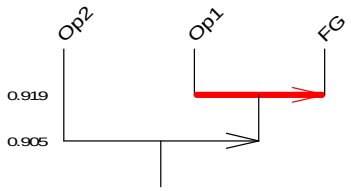


Arbre des similarités : C:\Users\PELLOIS\Desktop\A op1 op2 et FG.csv

Figure 23 – Graphe des similarités, performances opératoires occasion 1 et 2, et facteur G

Graphe implicatif : C:\Users\PELLOIS\90.00

Figure 24 – Graphe implicatif, performances opératoires occasion 1 et 2, et facteur G



Arbre cohésitif : C:\Users\PELLOIS\Desktop\A op1 op2 et FG.csv

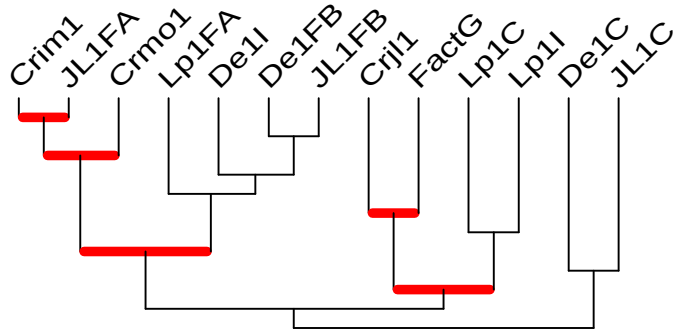
Figure 25 – Graphe cohésitif, performances opératoires occasion 1 et 2, et facteur G

Interprétation des résultats

La similarité apparaît, d'abord, entre les performances opératoires mesurées aux deux occasions (par ailleurs présentant une corrélation de .69). Ce n'est qu'à un second niveau que s'exprime la relation de cette première relation avec la seconde (corrélations .56 et .48 avec la dimension opératoire de l'occasion 1 à l'occasion 2), et nous sommes loin des mesures de corrélation ayant amené à considérer que le facteur G et le développement opératoire ne ferait qu'un (corrélation de .80, Longeot (1969), déjà évoquée). Le rapport entre ces différentes dimensions s'éclaire davantage au regard de l'observation des relations implicatives. A côté du fait, déjà observé initialement, que la performance opératoire à l'occasion 2 implique la performance opératoire à l'occasion 1, il apparaît ici que la performance opératoire à l'occasion 1 implique la performance en termes de facteur général d'« intelligence ». La structure cohésitive semble rendre encore plus clair le jeu des rapports ci-dessus traités. Le rapport « élaboratif » de la performance en termes de développement opératoire à l'occasion 2 semblerait bien relever du rapport « élaboratif » réalisé entre la performance de développement opératoire à l'occasion 1 et la performance en termes de facteur général d'intelligence à cette même occasion, ce qui serait à rapprocher du *processus inductif* précédemment évoqué. Autrement dit le développement opératoire de l'intelligence ne serait pas le facteur général de performance relevant de l'analyse factorielle, mais dépendrait de celui-ci directement ou, dans une association en cours de *dynamique évolutive*, du développement opératoire articulé avec ce que sous-tend comme habileté cognitive l'expression d'un facteur général d'« intelligence ». Le développement opératoire serait, alors, une expression plus restreinte, d'une dimension plus générale du développement de l'« intelligence » considérée ici, comme évoqué

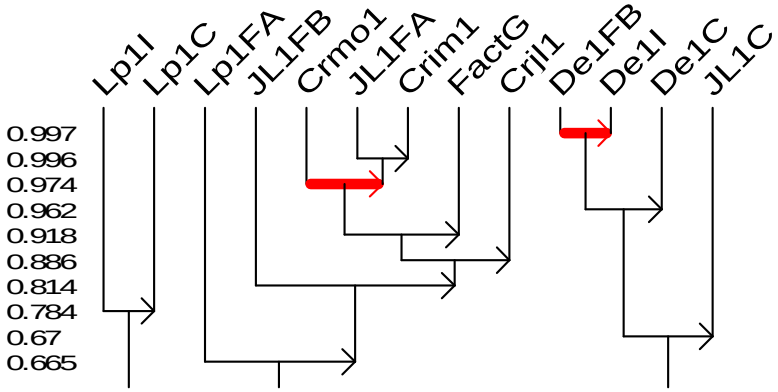
initialement, sous la dimension restreinte d'une pensée dite « convergente » (cf. note 1, p. 1).

5.2 Le rapport de la performance, en termes de facteur G, aux différentes formes d'expression de la pensée opératoire à l'occasion 1, 2ème approche de la question

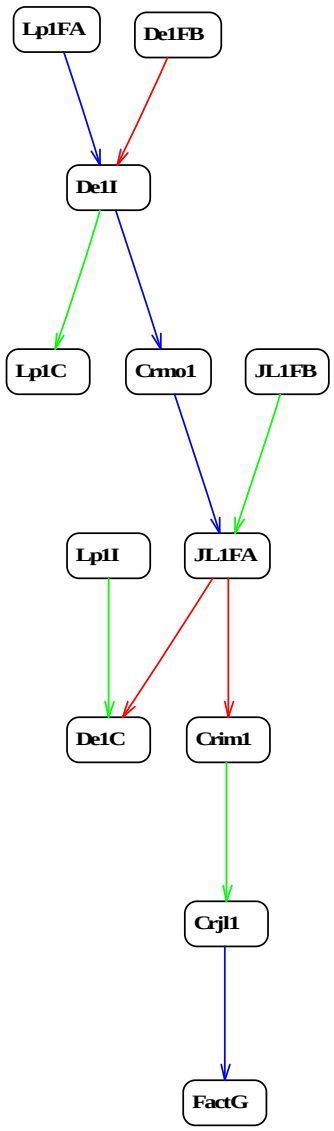


Arbre des similarités : C:\Users\PELLOIS\Desktop\A op1 dét et FG.csv
Figure 26 – Formes d'expressions de la pensée opératoire et facteur G, graphe des similarités

En ce qui concerne les figures ci-dessous, pour plus de clarté les seuils retenus dans le graphe implicatif ont été arrêtés à .85 inclus.



Arbre cohésitif : C:\Users\PELLOIS\Desktop\A op1 dét et FG.csv
Figure 27 – Formes d'expressions de la pensée opératoire et facteur G, graphe cohésitif



Graphe implicatif : C:\Users\PELLOIS\Deskt95.00 op90.00t e85.00cs'80.00
Figure 28 – Formes d'expressions de la pensée opératoire et facteur G, graphe implicatif

Interprétation des résultats

La réussite en termes de facteur G n'est pas associée, au point de vue de la « similarité », à un haut niveau hiérarchique, à d'autres items des épreuves considérées. La proximité la plus accentuée est avec l'épreuve Croisements « Lettres », pour laquelle la recherche de règles associant des lettres paraît assez comparable à celle concernant l'épreuve de facteur G. Cependant l'épreuve de facteur G est corrélée, même si c'est parfois faiblement, avec pratiquement tous les autres items considérés, ceci à la différence de l'ensemble des items, certes, parfois corrélés avec d'autres, mais aussi indépendants voire corrélés négativement.

En ce qui concerne les relations implicatives, il est clair que la dimension facteur G est tout en bas de la chaîne implicative ce qui amènerait à penser que la réussite aux différents items nécessite un minimum de réussite en matière d'habiletés liées à l'expression du facteur G. Cela rejoindrait la position « implicative » au regard de la performance opératoire dans son ensemble.

Au plan cohésitif, la dimension « facteur G » est au cœur du sous-ensemble cohésitif le plus vaste et le plus varié dans son expression. Si son rôle dans la fonction (le processus) élaboratrice inductive se confirmait, alors ce sous-ensemble auquel cette dimension est associée, pourrait être le « moteur » de l'élaboration opératoire de l'intelligence, cette dernière jouant ensuite en termes de fonction élaboratrice déductive et homogénéisatrice.

6 Synthèse des résultats : quelques interprétations et réflexions à leur propos

Parmi les résultats obtenus et les interprétations suscitées par ces résultats, au-delà des incertitudes et questionnements, quelques-unes paraissent plus « robustes » que d'autres.

- Les stades globaux d'un développement opératoire progressif seraient bien confirmés par les résultats obtenus, confortant l'analyse en matière d'homogénéité par implication inhérente au modèle piagétien.

- mais, au moins dans la phase élaboratrice du développement opératoire, les contenus et différentes modalités de traitement des données fournies interféreraient avec l'élaboration du développement opératoire.

- Il ne s'agirait pas ou pas nécessairement d'implication au sens de la « nécessité » de A pour que puisse exister B, mais de « difficultés », potentiellement inscrits dans les procédures mises en œuvre pour traiter de la réponse cognitive, mais ceci, toutefois, dans une phase d'élaboration de la pensée opératoire. Cela aurait pour effet d'accentuer, au moins momentanément, et de manière générale, les « obstacles » possibles (et transitoires ?) au développement opératoire, par l'expression d'habiletés initiales endogènes et/ou culturelles variées et variables. Il s'en suivrait l'expression d'hétérogénéités tant interindividuelle (différences entre sujet) qu'intra-individuelle (les cheminements d'un même sujet), traduites par les incomplétudes différenciées d'investissements intrastades, et les fluctuations de la performance opératoire de l'occasion 1 à l'occasion 2.

- In fine, deux processus dynamiques pourraient être successivement (et/ou parallèlement ?) à l'œuvre, au moins dans la phase d'élaboration du développement opératoire. Un processus davantage inductif (pragmatique ?) relevant d'une fonction élaboratrice, et un processus d'expression, déductif (structural ?) une fois le développement opératoire bien avancé.

- En matière d'homogénéité « par équivalence » (similarité, covariation), ce double processus lierait deux formes d'homogénéisation, une forme initiale dans laquelle le facteur G jouerait un rôle fondamental et très large, une forme aboutie (au regard du développement), mais plus restreinte de la pensée convergente, celle du traitement opératoire de la résolution de problèmes, en particulier dans le domaine scientifique.

Elles amènent, ces interprétations, à envisager des réflexions plus globales. Les données traitées viennent du champ de la psychologie et relèvent de l'interprétation correspondant à ce champ. Cependant les résultats obtenus ne sont pas sans questionner le champ de la didactique et nourrir la réflexion en ce domaine. Cela peut se faire par la mise en évidence, à niveau de développement opératoire constant, et dans la réalité habituelle -c'est loin d'être le cas-, de caractéristiques possibles différentes agissant de manière variable chez des sujets différents, confrontés à des acquisitions de connaissances, de formes variées d'une discipline à une autre (hétérogénéité des

modalités, contenus, procédures, obstacles rencontrés, etc.). En retour la réflexion didactique confrontée à son (ses) « champ(s) conceptuel(s) » peut alimenter utilement le champ de la psychologie (modalités d'homogénéisation ?). Cependant, toute cette réflexion n'a pu ici se faire sans l'utilisation d'une méthode de traitement de données, issue du champ des mathématiques, appliquée à des données du champ de la psychologie. En retour, l'utilisation en psychologie suscite des réflexions susceptibles d'alimenter autant (peut-être ?) l'enrichissement de la méthode mathématique que la réflexion didactique, mais aussi la réflexion psychologique elle-même : soit les rapports chez l'humain entre les différentes formes d'homogénéité et l'hétérogénéité. Par exemple, et contrairement aux positions plutôt généralistes, concernant les apprentissages, en vogue actuellement, notamment dans le domaine des neurosciences (par exemple, Dehaene, 2018, p. 315), les résultats obtenus encourageraient à envisager une approche plus différentielle en sous-groupes à évolutions différentes, ici au regard du développement opératoire de l'intelligence, mais pas seulement. Ils encourageraient, ces résultats, à questionner des jeux d'emboîtements plus ou moins univoques, et sans doute trop simples, au regard des contenus et modalités de traitement, ceci afin mieux prendre en compte toutes les complexités de la réalité traitée, celles des connaissances et de leur apprentissage, au sens d'un E. Morin, peut-être (Morin, 2017). Ils inviteraient à questionner encore et toujours les « logiques » de similarité et d'implication développées de manière parallèle en psychologie, didactique et mathématique statistique, au regard de l'hétérogénéité qui s'exprime. Ce questionnement amènerait également à enrichir les modélisations. Cela pourrait se faire par l'investissement, à côté de la question différentielle vicariante (Pellois, 2003) et du rapport difficulté/implication, dans des notions comme l'indépendance (mais aussi la décentration ?) en tant que telle. Cela pourrait se faire également par l'approfondissement de « l'incompatibilité » - potentiellement mise en évidence par des corrélations négatives- observée entre des performances, et source, pour des sujets humains, « d'obstacles » (au sens de Giordan (1999) ?), de « résistances » possibles, tant au sens psychologique, qu'à celui des apprentissages, ou du développement. Cette modélisation plus riche amènerait aussi à concevoir des cheminements plus complets relevant d'une logique circulaire (ou, plutôt, « hélicoïdale » ?) alternant des implications dans un sens et des implications dans l'autre sens entre procédures mises en œuvre spontanément, contenus traités, et structures élaborées ... Ceci s'inscrirait dans une réalité plus large de ce qui est en jeu pour l'humain, en ces domaines où s'exprimerait sa pensée, que celle-ci, d'ailleurs, soit dite « convergente » ou pas. Pour conclure sur ce point et au regard des résultats obtenus (mais d'autres non présentés ici semblent bien aller dans le même sens), le sujet humain utiliserait, plus ou moins spontanément (premier processus), des « ressources » simples, mais robustes. Celles-ci consisteraient en des « facilitations », certes, pouvant agir négativement, mais aussi des décentrations, une fluidité créative (probabiliste au sens des neurosciences ?), initiant une posture « inductive » agissant positivement et susceptibles de s'appliquer, en l'absence d'une structure culturelle forte, de manière assez polyvalente à des contextes variés (un « facteur général » ? l'homogénéité par équivalence ?), par une certaine inventivité, créativité d'expression plus directe. Cela permettrait, dans des élaborations plus culturelles, le développement progressif, et/ou par étapes (homogénéité par implication ?), puis l'expression, parmi d'autres, tenant à des « constructions » acquises, du raisonnement hypothético déductif (la pensée opératoire piagétienne ?). Ce raisonnement, dont le champ d'application, initialement plus étroit, circonscrit à quelques contenus initiaux, pourrait se généraliser progressivement dans des champs culturels

variés, lui donnant, alors une extension d'application dans une posture davantage « déductive » plus large (second processus). Mais ceci ne se ferait pas sans « rigidifier » quelque peu l'expression de l'esprit (une pensée davantage « cristallisée » ?), permettant, certes, d'accéder à une nouvelle homogénéité par équivalence tenant à la généralisation des applications, mais alors, paradoxalement, dans un monde culturellement de nouveau « limité », et susceptible de faire, dans l'évolution de la pensée, potentiellement obstacle ... Une question vient alors à l'esprit : cet « inconvénient » possible ne se réduirait-il pas si le sujet humain considéré pouvait conserver peu ou prou, des capacités non totalement inhibées, tenant au premier processus ici évoqué ? …

7 Conclusion quant au rapport des méthodes de recueil et de traitement des données, et l'utilisation de l'ASI et du logiciel CHIC, dans le contexte conceptuel considéré

Tout ce qui précède doit être considéré en soi, mais aussi sous l'angle de nombreuses fragilités (Pellois, 2017) sur lesquels les raisonnements, et interprétations ci-dessus reposent et la prise de risque qui découle des choix effectués. Une première fragilité tient à l'expression même, par les sujets considérés, des performances menant aux scores retenus. Une seconde fragilité tient aux mesures effectuées, visant à en rendre compte. Celle-ci tient aux conditions de passation des épreuves, aux qualités métrologiques des outils de mesure utilisés, etc. Une troisième fragilité tient à l'élaboration des formes de données en vue de leur traitement par CHIC, comme déjà évoqué dans ce texte, la forme relevant de pourcentages « relatifs » renvoyant au groupe d'observation en lui-même, ou « absolus » si ces pourcentages réfèrent à un score théorique maximal. Une quatrième fragilité tiendrait aux résultats obtenus après traitement par l'ASI. Cette fragilité relèverait, tout d'abord, des degrés variables auxquels sont associées les relations obtenues et aux questions que cela amène. Qu'est-ce qui correspond à une réalité effective ? Qu'est-ce qui relèverait d'artefacts toujours possibles ? Cette fragilité relèverait, ensuite, des différentes formes structurales obtenues (graphes différents), ceci en fonction des niveaux de seuil choisis et aux interprétations qui peuvent en être faites. Une cinquième fragilité porterait sur les interprétations elles-mêmes. Au regard des résultats obtenus, s'agit-il d'implications effectives ? Ou s'agit-il de niveaux de difficultés différents ? Ou s'agit-il d'artefacts possibles tenant à une mauvaise analyse, en milieu ouvert, des phénomènes traités, d'autres facteurs étant susceptibles d'agir ? Une sixième fragilité tiendrait à l'expression, potentiellement abusive, de généralisations recouvrant des situations différentes, d'une part, pour des sous-populations issues de la population dans son ensemble (hétérogénéité interne), et, d'autre part, à la non-reproduction des résultats pour des populations d'ensemble, retenues, mais aux caractéristiques différentes de celles de la population considérée (problème de représentativité du groupe d'élèves considéré).

L'ensemble de ces « fragilités » souligne les incertitudes inhérentes aux sciences humaines et la nécessaire prudence quant à l'affirmation de la valeur des interprétations effectuées.

Références

[1] Bideaud, J., Houdé, O., Pedinielli, J.-L. (1993), *L'homme en développement*, PUF, Paris.

[2] Damasio, R. D. (1995), *L'erreur de Descartes. La raison des émotions*, Odile Jacob, Sciences, Paris.

[3] Dehaene, S. (2014), *Le code de la conscience*, Odile Jacob, Sciences, Paris.

[4] Dehaene, S. (2018), *Apprendre ! Les talents du cerveau, le défi des machines*, Odile Jacob, Paris.

[5] Durand, D. (2004), *La systémique*, PUF, « Que sais-je ? ».

[6] Giordan, A. (1999), *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Editions BELIN.

[7] Gras, R., Regnier, J.-C., Marinica, C., Guillet, F. (Eds) (2013), *L'analyse statistique implicative. Méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités*, Cépaduès-éditions, Toulouse.

[8] Gras, R. (2015), Un survol paradigmatique de l'Analyse Statistique Implicative, *Analyse Statistique Implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales*, Actes du 8ème Colloque d'Analyse Statistique Implicative, Radès, Bibliothèque Nationale de Tunisie, 11-23.

[9] Gras, R., Kuntz, P., Greffard, N. (2015), Notion de champ implicatif en Analyse Statistique Implicative, *Analyse Statistique Implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales*, Actes du 8ème Colloque d'Analyse Statistique Implicative, Radès, Bibliothèque Nationale de Tunisie, 29-46.

[10] Gras, R. (2018), La théorie de l'analyse statistique implicative ou l'invraisemblance du faux, Cépaduès-éditions, Toulouse.

[11] Huteau, M. (1980), Style cognitif et pensée opératoire, *Bulletin de psychologie, T. XXXIII*, 345, Mai-Juin.

[12] Huteau, M. et J. Lautrey (1999), *Evaluer l'intelligence. Psychométrie cognitive*, PUF, Paris.

[13] Houde, O. (1995), *Rationalité développement et inhibition. Un nouveau cadre d'analyse*, PUF, Paris.

[14] Inhelder, B., Cellérier, G., *et al.* (1992), *Le cheminement des découvertes de l'enfant*, Delachaux & Niestle.

[15] Inhelder, B., Piaget, J. (1970), *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*, Paris, PUF, Bibliothèque philosophique contemporaine.

[16] Lautrey, J. et D. Chartier (1987), Images mentales de transformations et opérations cognitives : une revue critique des études développementales, *L'Année Psychologique, 87*, 581-602.

[17] Loarer, E., Chartier, D., Huteau, M., Lautrey, J. (1995), *Peut-on éduquer l'intelligence ?* Peter Lang, Bern.

[18] Longeot, F. (1969), *Psychologie différentielle et théorie opératoire de l'intelligence*, Dunod, Paris.

[19] Longeot, F. (1978), *Les stades opératoires de Piaget et les facteurs de l'intelligence*, PUG, Paris.

[20] Morin, E. (2017), *Connaissance ignorance mystère*. Paris : Fayard.

[21] Pellois, C. (1986), *Caractéristiques du sujet psychologique et dynamisme du développement opératoire : le passage du stade des opérations concrètes au*

stade des opérations formelles, Thèse de doctorat de troisième cycle, Université de Caen, tome 1, tome 2 et annexes.

[22] Pellois, C. (2000), A propos de la question des aides cognitives : quelques résultats d'une recherche effectuée en collège, *l'Orientation scolaire et professionnelle*, 29 (4), 637-659.

[23] Pellois, C. (2002), Apprentissage et développement de la personne dans l'enseignement et la formation, tome 1 : Du rationnel au complexe, l'Harmattan, Paris.

[24] Pellois, C. (2003), *Enseignement et formation : le développement de la personne, tome 2 : Le complexe*, l'Harmattan, Paris.

[25] Pellois, C. (2005), Complexité et développement : reconnaître l'émergence de qualités nouvelles dans le domaine des conduites adaptatives. Difficultés et intérêts des nouvelles perspectives, *Cahiers de la MRSH*, n° spécial, université Caen Basse-Normandie, avril, 45-68.

[26] Pellois, C. (2007), L'utilisation des modèles structuraux afin d'aborder la complexité du réel en sciences humaines, *Mathématiques et Sciences Humaines*, *45* (177), 53-85.

[27] Pellois, C. (2010), Sens et incertitude, une forme de complexité en psychologie : des contraintes aux parts de liberté, le développement et ses contextes. Dans : *Traitement de la complexité dans les sciences humaines*, Cadet, C., et G. Chasseigne, Publibook Université, 177-207.

[28] Pellois, C. (2013a), Distributions plus ou moins complexes de données : contextes, et sens. In *L'analyse statistique implicative. Méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités.* Gras, R. (dir.), Gras, R., Régnier, J.-C., Marinica, C., Guillet, F (Eds), Cépaduès Éditions, Toulouse, 379-393.

[29] Pellois, C. (2013b), La psychologie et l'usage du traitement mathématique des données statistiques. Nouvelles perspectives conceptuelles, *Revista Brasiliera de Ensino de Cienca e Technologia*, 6 (1), 230-259.

[30] Pellois, C. (2015), Le sujet psychologique : la complexité différentielle de son expression et de son développement au regard du traitement statistique de données, *Actes de A.S.I. 8,* Radès (Tunisie), 502-520.

[31] Pellois, C. (2017), Traitement par l'ASI de modèles en sciences humaines : entre simples fluctuations, artefacts et sens possibles, in Régnier, Gras, Couturier, Bodin, *Analyse Statistiques Implicative. Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques*, Actes du 9ème colloque d'Analyse Statistique Implicative, Ed. Université Bourgogne Franche-Comté, Besançon, 80-104.

[32] Reuchlin, M., Lautrey, J., Marendaz, C., Ohlmann, T., (sous la direction de) (1990), *Cognition : l'individuel et l'universel*, PUF, Paris.

[33] Régnier, J.-C., Slimani Y., Gras R. (2015), *Analyse Statistique Implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales*, Actes du 8ème Colloque d'Analyse Statistique Implicative, Radès, Bibliothèque Nationale de Tunisie.

[34] Roubertoux, P. (2004), *Existe-t-il des gènes du comportement ?* Odile Jacod, Paris.

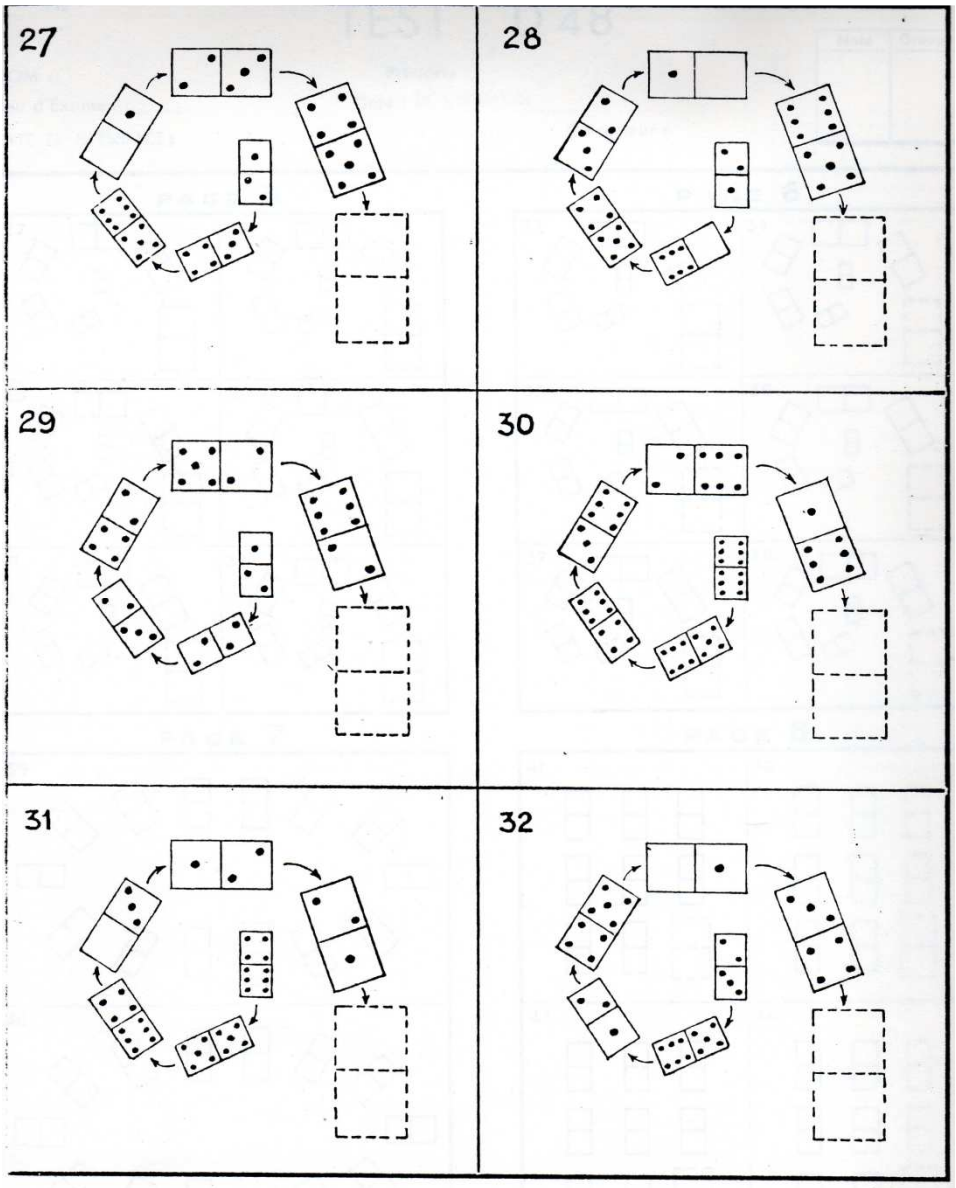
[35] Vergnaud, G. (2013), Pourquoi la théorie des champs conceptuels ? *Infancia y Aprendizaje*, 36 (2), 131-161.

[36] Vermersch, P. (1991), Les connaissances non-conscientes de l'homme au travail. *Le journal des psychologues* (84), 55.

[37] Vermersch, P. (1994), *L'entretien d'explicitation en formation continue et initiale*, ESF, Paris.

Annexes : construction des données

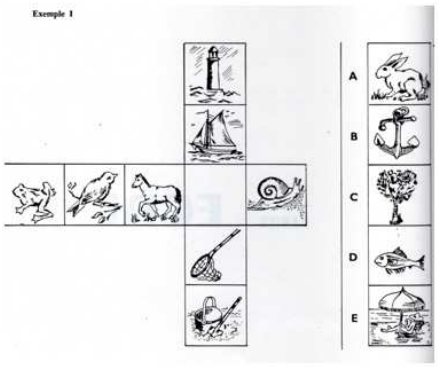
1 Annexe 1 : Epreuve D48 du facteur général

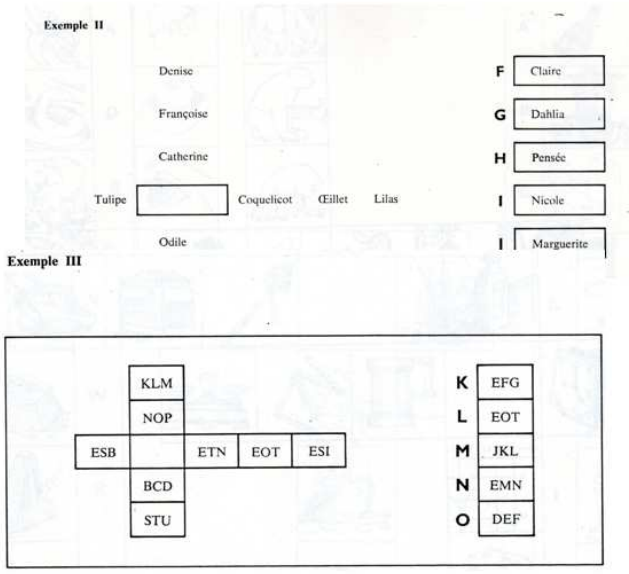


2 Annexe 2 : Epreuve portant sur la « genèse » de l'intelligence (a)

- ECDL

1. *Epreuve* « Croisements »





3 Annexe 3 : Epreuve portant sur la « genèse » de l'intelligence (b)

ECDL 2. Epreuve « Lampes »

Un système comprend 2 lampes, la lampe A et la lampe B, qui sont éteintes ou allumées suivant certaines règles. Une ouverture permet de voir l'une des lampes. On vous demande de trouver, par raisonnement, comment est l'autre.

Exemple I

Règle : Une seule lampe doit être allumée

La lampe A est éteinte ; comment est la lampe B ?

Réponses possibles :

a) La lampe B est allumée.
b) La lampe B est éteinte.
c) On ne peut pas savoir si la lampe B est allumée ou éteinte.

Remarque : La phrase « On ne peut pas savoir » ne signifie pas « je ne sais pas » mais « personne ne peut savoir par le raisonnement ».

Dans cet exemple, la bonne réponse est la phrase *a* (La lampe B est allumée). C'est pourquoi, on a barré la lettre *a* sur la feuille de réponses, à l'endroit correspondant à l'exemple I de l'épreuve « lampes ».

Exemple II

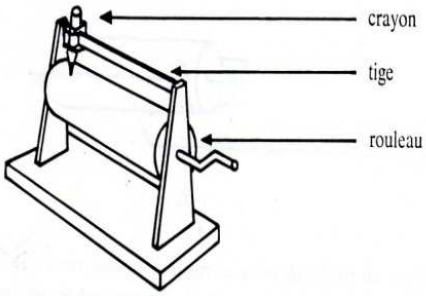
Règle : Les Lampes A et B sont toujours allumées ou éteintes ensemble.

La lampe A est éteinte ; comment est la lampe B ?

d) La lampe B est allumée.
e) La lampe B est éteinte.
f) On ne peut pas savoir.

4 Annexe 4 : Epreuve portant sur la « genèse » de l'intelligence (c)

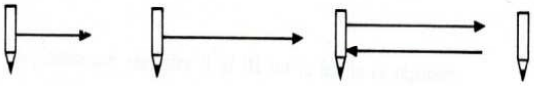
ECDL 3. Epreuve « Dessins »



Voici un **rouleau** que l'on a complètement recouvert d'une feuille de papier.

Un **crayon** dont la pointe appuie sur le papier, peut se déplacer, en gardant toujours la même vitesse, le long de la tige de métal qui se trouve au-dessus.

Voici comment seront indiqués ses déplacements :

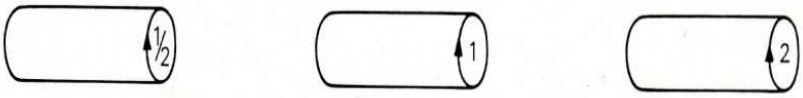


1/2 aller 1 aller 1 aller-retour

Le crayon sans indication de flèche reste immobile.

Le **rouleau** peut tourner autour de son axe.

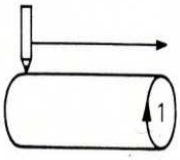
Le nombre de tours du rouleau est indiqué ainsi :



1/2 tour 1 tour 2 tours

La flèche indique le sens de rotation

On peut aussi combiner le mouvement du rouleau avec celui du crayon, par exemple :



Le rouleau fait un tour pendant que le crayon fait un aller. Les deux mouvements commencent en même temps, s'effectuent à la même vitesse et finissent en même temps.

5 Annexe 5 : Epreuve portant sur la « genèse » de l'intelligence (d)

ECDL 4. Epreuve « Jeu de lettres »

Il s'agit de ranger des lettres dans des cases.

Par exemple : on peut ranger de deux manières différentes les lettres **S et N** dans deux cases.

| S | N |

| N | S |

De combien de manières différentes pensez-vous que l'on puisse ranger les trois lettres **S, N, R,** dans trois cases ?

Essayez d'écrire ces différentes possibilités de rangement dans les cases ci-dessous.

(Ne tenez pas compte du nombre de séries de cases, car il ne correspond pas au nombre total de rangements possibles).

| S | N | R |

INEGALITÉ DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE EN FRANCE ? ÉTUDE DES CARACTERISTIQUES IMPLIQUÉES DANS LES SOURCES DE DIFFICULTÉS DES ITEMS PISA-SCIENCES

Pascale MONTPIED[1] Mylène DUCLOS[2], Florence LE HEBEL[3], Andrée TIBERGHIEN[1].

SCIENTIFIC LITERACY INEQUITY IN FRANCE? SEARCHING CHARACTERISTICS INVOLVED IN PISA SCIENCE ITEMS SOURCES OF DIFFICULTIES.

RÉSUMÉ

Des inégalités de culture scientifique chez des adolescents de 15 ans sont relevées depuis le début du projet PISA dans tous les pays participants et entre ces pays. Deux facteurs caractérisent la France comme plus inégalitaire et élitiste que les pays de l'OCDE : le nombre d'adolescents en dessous du minimum de culture scientifique défini par l'OCDE comme indispensable à la vie d'un citoyen du 21ème siècle et les scores très bas des adolescents issus des milieux socio-économiques les plus défavorisés. La France bien qu'ayant un score global dans la moyenne des pays de l'OCDE, se distingue donc à ces deux niveaux. Le but de ce travail est d'évaluer ce qui rend un item difficile soit pour tous les adolescents soit seulement pour ceux issus des divers groupes socio-économiques ou de performances afin de comprendre comment et pourquoi certains sont avantagés d'autre favorisés face aux items PISA. Les items PISA sont des problèmes dits « authentiques » « réalistes » qui visent à mettre l'élève en situation et dans des conditions où il raisonne comme s'il était face à un problème réel de notre culture. Répondre à un item PISA nécessite donc de traiter la narration/description d'un contexte où s'insèrent des éléments de divers domaines de connaissances dans notre culture puis la demande qui interroge supposément une seule connaissance et compétence scientifique dans le cadre du contexte. De nombreuses caractéristiques de formats, de demandes cognitives, de saillances affectives etc., ont été définies dans ce travail afin de complémenter et préciser les variables définies par le cadre théorique de PISA. Nous avons analysé statistiquement grâce à l'A.S.I. comment ces variables s'associent et structurent les items de manière typique dans le corpus de 183 items. L'analyse de variables supplémentaires représentant les divers scores et leurs écarts mesurés chez les élèves montre que les effets du contexte sont majeurs. Que certains aspects des difficultés qui y sont liées ne sont pas discriminantes alors que d'autres le sont très fortement. De plus ces analyses montrent que des types contextuels sont utilisés pour chaque types de connaissances interrogées et que celles-ci sont de plus interrogées en conjonction avec une ou deux compétences se rapportant à la même catégorie de compétence définie et mesurée par PISA. Ceci nous conduit à proposer des explications concernant les scores obtenus pour différents types d'items PISA sciences.

Mots-clés : *statistique implicative ; variables supplémentaires ; évaluation PISA ; culture scientifique ; difficultés cognitives et affectives.*

ABSTRACT

Inequity in Scientific literacy (SL) was reported in all countries since the beginning of PISA project. Inequity is evaluated on the basis of two aspects: the number of students left behind

1 ENS Lyon, laboratoire CNRS-umr5191/ ICAR, 15 Parvis Descartes- Lyon 69007 cedex-pascale.montpied@ens-lyon.fr

2 UMS LLE ENS Lyon, UMR ICAR, Lyon, France

3 University of Lyon 1, UMR ICAR, CNRS, LLE, ENS Lyon, France

(low scores to the test globally under a minimal SL level) and the lower scores of students from the lowest socio-economic origin compared to those from the highest one. France shows higher inequities for both aspects compared to OECD countries although it has always scores in the average for the global population of 15-years-old. The understanding of what make a PISA-Sciences item difficult is crucial to improve SL equity in our society. Indeed PISA items' texts frequently completed with various illustrations, informative boxes etc. are typical of PISA-Sciences willing to induce students' reasoning as if it was in the proposed situation. In answering to a PISA item the student has to treat first the context narrative/descriptive content related to multi-domain real life or pseudo-real situation then the question supposed to rely only on one scientific knowledge and competence although it follows the complex "authentic"/ "realistic". In this work various items' characteristics linked with this PISA objective are defined. Statistical analyses allowed us then to investigate how these characteristics are founding typical structures. We report here significant implicative classes associating specific characteristics exist in the corpus of 183 items designed for PISA science test. We report how the supplementary analyses of variables defining the French population scores overall and the gaps of scores between students with low achievement versus high achievement or low socio-economic origin versus high are typical of the groups of items supporting the implicative classes. Through this Statistical Implicative Analysis approach we revealed several types of links between the semantic structures and the sources of difficulties. Some of those affect any student whereas others are factor-dependent affecting selectively students on the basis of the socio-economic origins or on the basis of their achievement to the overall PISA test. These results allowed us to determine that contextual characteristics alone can constitute sources of difficulties with differential discriminative powers. We found also that each type of interrogated knowledge in sciences or about sciences have frequently a typical context in addition to be coupled with a type of competences. We found that these statistically significant associations in the corpus incorporating each type of interrogated knowledge are statistically different in their discriminative power as much at the socio-economic level than at the achievement level. Globally our results allowed us to discuss about PISA sciences items' validity and/or discriminative power. We propose that the defined associations of characteristics are in some cases limiting SL measurement in general and/or in some subpopulations of French students showing that the scholar system is not supplementing the more fragile students with the cognitive and affective bases required to face PISA sciences test.

Keywords: implicative statistic; supplementary variables; PISA assessment; scientific literacy; cognitive and affective difficulties.

1 Introduction

Le programme d'évaluation mis en place par l'OCDE en 2000 (« Program for International Student Assessment" : PISA http://www.pisa.oecd.org) évalue tous les trois ans le niveau de culture scientifique et technique. En 2015, le corpus d'items, proposé aux élèves de 15 ans des 70 pays participants contient 183 items. Ce sont ces items produits par des experts internationaux en éducation des sciences que nous considérons comme nos « sujets » d'étude en utilisant l'analyse statistique implicative croisant ces « sujets » et des variables qui définissent ces « sujets » c'est-à-dire les items du corpus PISA-Sciences 2015. Cet ensemble d'items créés et catégorisés par les experts selon le cadre théorique PISA est aussi un ensemble d'items que l'on peut catégoriser selon leurs marquages par les scores des différents élèves de 15 ans (6100 élèves dans l'échantillon français en 2015). Ainsi, ces items sciences peuvent être caractérisés par : 1- des variables théoriques relatives à la conception des experts PISA sur ce que ces items doivent évoquer et évaluer et 2- des variables relatives à la réaction des élèves de 15 ans toutes nations et sous-groupes nationaux confondus ou dans les différentes nations et les différents sous-groupes (genre, origine socio-économique et culturelle, attitudes, etc.).

Nous avions pu montrer en caractérisant les items de cette manière et en utilisant l'Analyse Statistique Implicative (Montpied et al., 2017) que le corpus PISA contenait des classes d'items associant à une fréquence statistiquement surprenante les mêmes caractéristiques du cadre théorique PISA et que certaines conjonctions pénalisaient les élèves d'origine socio-économique et culturelle défavorisés ou très défavorisés.

Nos premières analyses nous avaient conduites à proposer des caractérisations plus fines du contenu sémantique, du contexte et des demandes des items. Nos résultats nous permettaient de supposer que des variables autres que celles codées par PISA pouvaient être particulièrement impliquées dans l'effet discriminatoire de certaines classes de similarité et classes implicatives trouvées. Nous avions montré que chacun des trois types de connaissances était couplé à un seul des 3 types de compétences et que ces implications d'intensité maximale (i.c.=1 et $p<0.01$) initiaient l'arbre hiérarchique des implications structurant le corpus et fondaient des classes d'items qui interagissaient de manière très différente avec les variables de scores et d'écarts de scores des élèves. Cette liaison entre les variables représentant les deux aspects des mesures psychométriques de la culture scientifique définis et reporté dans les scores nationaux interrogeait sur la possibilité de comparer et de discuter de la qualité/ou la faiblesse d'une population au niveau, soit d'un type de connaissance, soit d'un type de compétence. Cette liaison d'autre part ne nous avez pas permis de savoir si les effets vus étaient dus plutôt aux connaissances ou aux compétences évaluées dans l'enquête PISA. Cependant, ces compétences correspondent à de vastes activités cognitives du cerveau humain qui s'expriment dans le cadre de problèmes scientifiques étaient définies dans le cadre théorique PISA comme regroupant les 5 compétences représentant plus précisément la demande de l'item. Par suite de notre étude préliminaire nous avions donc décidé de recoder les items en précisant les compétences et en considérant de nombreux aspects du contexte afin de pouvoir mieux caractériser les classes d'items sources de difficulté ou ayant un pouvoir discriminatoire.

En effet, d'un point de vue théorique PISA considère comme central de proposer les questions de sciences ou à propos des sciences dans un contexte en référence à la « vie réelle » pour permettre de tester effectivement que les acquis escomptés sont fonctionnels. L'objectif à travers ce contexte est donc de permettre à l'individu de raisonner « fonctionnellement » comme s'il était effectivement face à la situation décrite ou narrée. Ce point de vue étant admis comme correct sa mise en pratique pouvait ne pas l'être exigeant un travail de design très complexe (contraintes interculturelles et de temps). Seules les analyses *a posteriori* sur les résultats peuvent permettre de remettre en cause les items concernant leur manière d'introduire ce contexte, les possibles biais de choix des contenus de ce contexte en fonction des demandes, la complexité de certains contextes par rapport à d'autres, etc. Le rôle des recherches secondaires comme celle que nous allons présenter est donc de s'interroger de manière critique sur ce que les experts/examinateurs conçoivent initialement comme des constructions susceptibles d'évaluer de manière valide des connaissances, des capacités en observant ce que produisent effectivement ces problèmes chez les élèves lors du test. Ceci est un vaste champ de recherche en éducation (Dihllon, 2011), qui a conduit à la genèse de nombreux modèles qui se sont avérés trop spécifiques ou trop généraux et peu utiles pour contrôler la validité des problèmes proposés même dans des évaluations sommatives nationales qui proposent des énoncés en correspondance aux entrainements disciplinaires. Ces modèles peuvent constituer cependant des bases de réflexion, mais concernant une évaluation sommative comme celle de PISA-Sciences, il est nécessaire d'envisager des sources de difficultés ou de facilitations (SOD, SOE) très différentes et de prendre en considération

des aspects plus spécifiques à ces problèmes, stimulant globalement un très grand nombre de domaines de savoirs de notre culture, et proposant une assez grande diversité de contextes, certains se suffisant d'une phrase mais d'autres nécessitant de traiter un grand nombre d'informations.

Le but du travail que nous présentons ici est donc d'étudier de nouvelles variables relatives aux items PISA-Sciences, et d'analyser grâce à l'A.S.I. si nous pouvons enrichir et préciser nos travaux antérieurs sur l'évaluation de la culture scientifique par PISA (Le Hebel, et al., 2017 ; Montpied et al.,2017). Dans ce qui suit, nous exposerons d'abord notre cadre théorique et nos questions de recherches, puis nous rappellerons brièvement notre approche méthodologique et nous nous attacherons à décrire les nouvelles variables qui ont été conçues sur la base de nos résultats antérieurs et en fonction des éléments développés dans notre cadre théorique. Nous exposerons ensuite nos résultats et finalement discuterons de leur intérêt pour l'évaluation de la culture scientifique et son développement en France.

2 Cadre théorique de l'étude

Comme nous l'avons mentionné en introduction il est fondamental d'analyser la validité des problèmes créés par des examinateurs en vue d'évaluer le savoir des élèves. Ce souci de la validité d'un test est celui de toute évaluation sommative réalisée via un support dont le design est pensé par les uns et reçu par les autres.

Pour le test PISA-Sciences, comme pour n'importe quel autre test, les problèmes ne seront pas valides et n'évalueront pas ce qu'ils sont censés évaluer si l'écart entre la conception fait avec une intention spécifique et la réception/ compréhension de ces contenus est trop grand. Il s'agit donc d'étudier les caractéristiques de ces « objets » d'échange qui confrontent les deux processus psychologiques dont parlent Politt & Ahmed (1999): le premier, celui des concepteurs, qui imaginent la structure du problème en fonction de ce qu'ils pensent du processus que les élèves engageront et le second, celui des élèves qui s'engagent dans l'interprétation de la structure avec le présupposé qu'elle contient un problème imaginé par l'examinateur/enseignant pour faire appel à leurs connaissances et compétences disciplinaires. Avant donc de considérer les caractéristiques spécifiques des problèmes PISA-Sciences qui pourraient influencer les processus psychologiques des élèves et creuser l'écart avec ceux que les examinateurs ont cherché à induire, il est important de définir ce qu'il se passe et quels sont ces processus psychologiques mis en jeu par tout individu quel que soit le problème/tâche complexe rencontré.

2.1 Théories des interactions affect, cognition dans le cas général des tâches cognitives ou des problèmes complexes.

Ces processus psychologiques qui permettent de résoudre les problèmes complexes seront autant cognitifs qu'affectifs. Ce point de vue est largement partagé par les neurosciences (Craig, 2009 ; Ducan & Barrett, 2011, Oosterwijk, et al., 2012, etc. avec des arguments neurobiologiques ; ou Güss et al., (2017) avec des arguments de psychologie expérimentale) et par certains auteurs des sciences de l'éducation en particulier Politt & Ahmed (1999). Dans le cas des problèmes nouveaux, externes comme ceux dont nous parlons ici, il est nécessaire que cet « objet » que l'examinateur et l'élève s'accordent à appeler « problème » (indépendamment de leurs ressentis et en parlant du

support), devienne effectivement un problème ; c'est-à-dire fasse naitre le ressenti négatif du défaut d'informations qu'il faut combler pour atteindre l'état désiré qui résout la tension de ce ressenti (Hardin, 2002). Un problème dans la vie réelle est en effet un affect négatif qui est conscientisé (sauf si la solution correspond à des automatisations procédurales). Dans le cadre de la vie réelle, la familiarité des éléments du problème ressenti va induire en général une réaction motivée de part une anticipation d'un coût cognitif faible ou d'une valeur ajoutée pour le « moi ». Cette anticipation à partir des saillances familières du nouveau problème se fait sur la base des règles établies au cours de notre vie et qui fondent notre épistémologie du quotidien. Dans le cadre du quotidien, ces règles ou attitudes, éprouvées exactes et cohérentes avec notre bien-être optimal face aux problèmes jusque-là vécus, vont induire facilement un processus décisionnel que l'on perçoit comme juste parce qu'il satisfait nos besoins psychologiques dans cette situation (Deschamps &Beauvois, 1996 : p 120 « l'épistémologie du quotidien » par A. Kruglanski (Kruglanski, 1996 ; Scheldon et al 2010 ; Güss, et al 2010).

Lorsque le problème est un objet construit pour une évaluation qui a lieu dans le cadre scolaire, les éléments de familiarité auxquels nous avons accès, peuvent être :

-des acquis stables de notions/concepts/règles/théories appartenant à une épistémologie disciplinaire.

-des éléments d'appel pour appliquer des routines scolaires entrainées dans un cadre disciplinaire spécifique.

- des savoirs quotidiens, routiniers dans notre société si le problème les implique comme c'est le cas pour les problèmes dits « situés/contextualisés », ou « authentiques/réalistiques », comme ceux de PISA-Sciences.

Ces trois catégories de familiarités peuvent être ressenties par l'élève dans un item PISA. Cependant, lorsqu'il construit la représentation de la question, les représentations ou les éléments diffus stimulés jusqu'à la demande (options proposées comprises) ne vont pas forcément entrer en cohérence les uns avec les autres. Ainsi alors que dans le cas général, retrouver des saillances familières dans un problème va être promoteur d'un sentiment d'efficacité du moi (mastery, self efficacy, etc.) et résulter en une composante motivationnelle des ressentis de l'individu qui permet l'engagement cognitif sur la base de ces saillances, dans le cadre des problèmes « contextualisés » ou « réalistiques » comme ceux de PISA-Sciences, le sentiment peut être très différent in fine et/ou les saillances sur lesquelles l'individu s'engage cognitivement inadéquates.

Chez l'humain, l'affect est intégré de manière componentielle dans le cortex insulaire antérieur (zone associée à l'image du « moi-ressenti », Craig, 2009) une motivation positive ou négative est dégagée face à des situations-problèmes et permet à l'agent de s'engager dans une pensée basée sur des saillances perçues qui deviennent le focus de notre attention. La pensée cognitive qui vise à résoudre le problème, est initiée et elle s'empare des saillances perçues qui deviennent des « objets » de la mémoire de travail soumis à l'attention de contrôle (ou attention d'orientation : sélection, passage d'un objet à l'autre). Les processus cognitifs généraux qui vont amener à la résolution de la tension créée par le problème ont été décrits en particulier par Ducan de manière claire et concise en 2013 grâce à l'imagerie cérébrale. Dans ses études, Ducan (2013) montre que quel que soit le contenu de la tâche cognitive un même système de réseaux de neurones est mis en activité pour répondre à la demande cognitive, quel que soit le domaine (système de réseau dit de demande « multi-domaine » :MD). Ce système de réseaux connait au cours de la tâche des cycles d'activité et cette tâche se poursuit selon un plan cognitif initial qui doit être maintenu et réinitié/revalidé à chaque décision prise pour chaque épisode

attentionnel créé dans le plan cognitif initial (retenu dans une partie plus frontale). Le système MD contient le cortex insulaire antérieur et inclut donc la représentation du moi-ressenti et la composante motivationnelle de l'affect. À chaque clôture d'un épisode attentionnel, une suractivation est constatée dans le cortex insulaire antérieur, ce qui suggère une indissociabilité entre pensée de type affect et pensée de type cognitif. La suractivation s'étend à tout le système MD et est précédée par une activation du réseau par « défaut » suggérant une activité de « relaxation » et/ou de mise à jour des domaines/représentations/mémoires où ont lieu les recherches aléatoires d'options ou les opérations créatives (Smith et al., 2018).

Ce que ces recherches apportent dans le champ des sciences de l'éducation et pour notre travail sur l'évaluation PISA est de plusieurs ordres :

-1- le plan cognitif est d'autant plus complexe que le nombre d'espaces visuels et le nombre d'épisodes attentionnels à créer sont grands. Le générer, le maintenir et le réactiver de manière appropriée est une activité cognitive qui intervient à chaque finalisation d'un épisode attentionnel au cours de l'accomplissement du problème complexe.

-2- le nombre des instructions et leur niveau de détails peuvent entrainer une négligence de l'instruction-pivot dans la succession d'opérations correspondant à la demande de la tâche complexe.

-3- le cortex insulaire antérieur est suractivé à chaque prise de décision concernant un épisode attentionnel planifié dans le plan opératoire initial. De plus, au fur et à mesure de l'avancement vers la décision planifiée comme clôturant le problème complexe lui-même, on observe un accroissement de la suractivation. Ceci suggère que le ressenti post-décisionnel génère une nouvelle représentation du « moi » dans le contexte de son engagement en tant qu'agent de la tâche. Il est probable donc que la représentation de ces moments majeurs dans le plan cognitif programmé (composante motivationnelle incluse) est de plus en plus importante dans la validation et le contrôle du processus résolutif.

-4-Les activités des réseaux neuronaux du système « multi-domaine » sont toujours couplés. Aussi la suractivation décrite au point 3 est générale (ou se généralise) ce qui est consistant avec une cohérence du système MD visant toujours à l'avancement des plans de résolution des problèmes et avec l'importance de la phase de passage d'un épisode vers un autre. En revanche, le système dit « par défaut », dont les réseaux neuronaux sont couplés est un système qui a été vus comme « non-cognitif » ou « anti-productif dans la cognition » a cependant un rôle important lorsque ce dont il est question n'est pas perceptuel mais reconstruit sur la base de mémoires vécues plus généralement antérieures. Ces réseaux sont globalement désactivés lorsqu'il y a engagement dans une tâche cognitive consciente (prescrite, stimulation externe), mais ont un regain d'activité aux interphases entre les épisodes attentionnels. Ce couplage transitoire entre les deux systèmes suggère une possible confrontation des processus conscient/rationnel (système MD) aux processus inconscient/intuitifs (système par défaut pouvant intervenir pour chercher de manière aléatoire, créer une option, un nouvel élément). Le contrôle cognitif peut potentiellement dans cette confrontation invalider la décision ou remettre en cause le plan, les options, le but, etc.

2.2 Théories de la familiarité du contenu d'un problème :

Le sentiment global de familiarité est un aspect important du processus psychologique d'un individu face à un problème. Cependant, lorsqu'il s'agit de problèmes scolaires

évaluant les élèves, celui-ci peut avoir de multiples facettes. La littérature sur l'effet de la familiarité du problème sur les difficultés de l'élève à développer l'activité cognitive de résolution demandée est ample. D'emblée l'évaluation PISA-Sciences va être un peu en marge de cette littérature testant des connaissances en sciences et à propos des sciences, tout champ disciplinaire confondu et dans des situations qui interpellent les élèves dans plusieurs domaines disciplinaires enseignés (scientifiques le plus souvent mais parfois géographique ou historique) ou parfois stimule la référence à un domaine disciplinaire qui n'est pas celui auquel ils devront se référer pour répondre.

Dans un article de synthèse, Hardin (2002) met l'accent sur une définition où la familiarité est en lien avec la difficulté et la réussite. Les connaissances et compétences disciplinaires à mettre en jeu dans les problèmes scolaires deviennent de plus en plus familières au fur et à mesure des répétitions et entrainements disciplinaires de la/les connaissance (s), ou format(s) de raisonnements disciplinaires. Des travaux montrent un effet direct de ces entrainements sur la réussite des élèves qui parviennent à résoudre de nouvelles tâches mettant en jeu le même savoir dans un contexte similaire l'ensemble étant devenu familier. Cette définition de la familiarité quasi-mesurable ou prédictible dans une cohorte d'élèves examinés selon les programmes disciplinaires de l'institution scolaire est assez superficielle mais c'est un type de définition très utilisé en science de l'éducation. On le retrouve dans le cadre de PISA puisque le niveau de difficulté est défini par 6 niveaux de réussite de la population internationale participante et il est dit dans les rapports de l'OCDE que le niveau de culture scientifique de l'élève est insuffisant lorsque l'élève réussit seulement si les situations sont très familières (traduction exacte :« des connaissances limitées et/ou des capacités à les appliquer à seulement un très petit nombre de situations familières »).

Ainsi dans le cadre d'une évaluation de savoirs disciplinaires via des situations-problèmes, il y aurait au moins deux facteurs de familiarité et/ou de non-familiarité. L'un serait la familiarité des connaissances et compétences disciplinaires bien entrainées dans les programmes scolaires et l'autre serait la familiarité de la situation narrée/décrite habituellement utilisée dans les énoncés des problèmes ?

Pour certains auteurs (Bachman et al., 1989 ; Politt & Ahmed, 1989) s'intéressant initialement à l'évaluation de la compréhension du langage, vouloir évaluer la capacité de l'élève à fonctionner comme s'il était en situation réelle, demande de créer des problèmes dont les sources de difficultés sont intrinsèques aux implémentations et constructions nécessaires pour que ces processus psychologiques puissent avoir lieu. Pour ces auteurs, la validité de ces problèmes qui visent l'« interactional authenticity » dépend donc de la possibilité pour un élève à partir de ce qui lui est proposé d'avoir cette activité mentale « authentique », « en lien au réel ». Mais les modèles théoriques donnent peu de clé sur ce qu'il se passe effectivement pour l'élève (Dihllon, 2001). Discerner les sources de difficultés valides de celles des non-valides, en particulier, dans des problèmes de sciences mis en contexte en référence à la « vie réelle » est un sujet vif dans l'enseignement des sciences. La première caractéristique de ces problèmes est que rarement ils ont un aspect qui est « mono-disciplinaire » du fait de leur contexte. Les items PISA vont souvent solliciter plusieurs domaines disciplinaires : sciences enseignées, nouvelles technologies, sciences appliquées. Cependant la demande concerne l'une des disciplines enseignées (physique, chimie, sciences de la vie, sciences de la terre). D'emblée le contrat PISA est peu familier : l'élève doit attribuer la demande à l'une des disciplines enseignées, à la suite d'un contexte peu familier ou qui évoque habituellement une des disciplines scientifiques qui n'est pas celle interrogée. Tant au

cours des enseignements scolaires qu'au niveau des examens nationaux, l'élève est informé que les demandes concernent la discipline qui leur a été signifiée explicitement. De plus si la tâche est contextualisée, les contextes utilisés sont relativement guidés par les programmes et deviennent familiers. Ainsi, comme nous l'avons vu à partir de nos analyses vidéographiques (Le Hebel, 2017 ; Montpied et al., 2013) ces aspects du contrat PISA constituent une SOD pour certains élèves. L'intérêt de donner un contexte à la question disciplinaire est encore un sujet de controverses et de recherche.

Pour Milenković et *al*.,(2015) le contexte génère une surcharge d'informations qui est perçue par les élèves testés dans leur étude. Cependant, seule l'absence de contexte (qui n'est pas discuté comme un retour à une modalité traditionnelle du contrat scolaire) permet d'obtenir de meilleurs résultats aux problèmes de chimie proposés à des élèves de grade 8 (n= 161 élèves ; 4ème). La variation de la charge d'informations du contexte ne semble pas avoir dans cette étude d'effet significatif sur la réussite.

Pour Zamri, Abedalaziz, Ahmad & Dad, (2015) le contexte lui-même et la familiarité du contexte ont un effet positif sur la résolution de problèmes de physique et de biologie mettant en jeu des équations différentielles (n= 439 élèves ; grade 12).

Pour Beckmann & Goode (2014) qui se placent, eux, dans des situations d'apprentissage où les problèmes proposent un espace de recherches guidées via des simulations qui conduisent à l'acquisition d'un nouvel élément de savoir, le contexte de ces simulations aurait un effet plutôt défavorable sur la performance d'apprentissage et la recherche aléatoire créatrice du nouvel élément de savoir. L'hypothèse de ces auteurs est que la valeur sémantique des éléments contextuels retarderait/empêcherait un processus nécessaire dans la démarche : celui de « faire page blanche » pour réinitialiser un plan cognitif lorsque le chemin choisi s'avère sans issue. Notons que la reconsidération du plan cognitif se fait à chaque prise de décision : interphase, point 3 et point 4 ci-dessus. L'hypothèse émise est consistante avec le fait que l'affect et le cognitif sont intimement liés. La représentation du plan cognitif est donc liée à celle du contexte calibré sur des vécus de l'élève qu'il sait être vrais. La remise en cause du plan cognitif serait alors plus difficile.

Peut-être l'expérience de Kole et *al*. publiée en 2015 dans *The American Journal of Psychology* permet de comprendre ces différents résultats. En effet, ces auteurs ont utilisé et comparé les performances obtenues pour 3 tests du type « Tour de Hanoi » : 1- soit standard avec des disques (objets abstraits/sans valeur sémantique sociale ou personnelle) ; 2- soit avec des vêtements et des scénarios quotidiens qui infèrent les mêmes contraintes ; 3- soit finalement avec des objets plus rares dans une cérémonie autour d'une « tea party » qui pareillement infèrent les contraintes du test de la « Tour de Hanoi » original. Les auteurs ont de plus manipulé les capacités de mémoire de travail (image statique ou possibilités dynamiques de bouger les objets). Ils ont finalement testé le transfert de l'expérience à une autre épreuve. Ils constatent que ce que Beckmann nomme « l'effet sémantique » n'est pas systématique et que ce qui joue tient au contenu sémantique : si ce contenu lié au contexte est familier (vêtements, protocole de leur port) il n'induit aucune différence de performance en comparaison au test utilisant les blocs et ce contenu permet le transfert de l'acquis à une autre tâche similaire. En comparaison si ce contenu a un niveau sémantique sans résonnance proche/familière (une cérémonie peu familière autour d'objets moins familiers), la performance et le transfert sont diminués.

En conclusion ces expériences suggèrent que les mots utilisés (qu'ils désignent des objets/concepts ou les actions/les pratiques qui les concernent) permettent ou non la calibration affective quasi immédiate/automatique du ressenti de la situation sur la base

de mémoires antérieures. Si ces mémoires sont autobiographiques et très accessibles, le ressenti du « moi » à partir de ces « objets » et de ces « procédures/ activités » qu'y sont associées, est fort et le raisonnement se crée facilement sur cette représentation située. Dans ce cas « l'effet sémantique » négatif dont parlent Beckmann & Goode (2014) n'est pas présent (il semble donc que cet effet soit seulement vrai dans le cadre de simulation visant l'apprentissage). L'accessibilité précise de tous les composants et rouages de la situation familière fait que l'individu lorsqu'il la lit, a un double ressenti de familiarité face à ce problème situé : à l'égard des objets et de leur mise en action dans le contexte. Dans ce cas, il a un effet neutre ou positif sur la performance. Cependant, même si les mots sont familiers, si le contenu sémantique du contexte ou syntaxique de la question ou les protocoles/ procédures de la demande ne sont pas compris/ressenti (donc pas/peu familier ; cas de la « cérémonie »), alors un effet négatif peut s'ensuivre sur la résolution du problème.

2.2.1 Le cas des contextes « humanisés » :

Le rapport entre le « moi », et l'« autre » est essentiel dans le développement des « systèmes » de motivations et de la cognition humaine. Le « moi » se construit en écho entre son propre ressenti, le ressenti d'une imitation de l'autre et le possible ressenti de l'autre, et existe dans une vaste accumulation de mémoires épisodiques autobiographiques (Markowitsch, 2013). Ce vaste « paysage » du moi intègre des processus de projection dans le temps et dans l'espace, mais aussi dans un espace imaginaire narré où grâce à ce qu'il sait de lui et de l'autre, unindividu peut faire l'expérience abstraite d'être présent (Krause & Weber, 2018). Ces motivations intrinsèques propres à l'humain sont induites par quelques besoins psychologiques fondamentaux interculturels (Scheldon et al, 2010 ; Heickhausen,2010 ; Kruglanski, A, 1996 a, b). Elles permettent aux individus de construire leurs plans de développement à chaque phase de leur vie et à comprendre/prendre/rejeter le point de vue de l'autre sur des acquis qui fondent leurs théories de l'esprit de l'autre, de soi et plus généralement leurs épistémologies du quotidien (ensemble des règles qui expliquent une cohérence optimale du monde par rapport à ce que le « moi » en sait). Cependant, ces acquis sont aussi des apprentissages et doivent aussi être considérés comme propres à chaque individu ou groupe d'individus ; ils sont donc discriminants. Ainsi, il a été montré :1- que le milieu social influence le niveau de développement de la théorie de l'autre des adolescents; 2- que les attitudes, qui sont la base de l'épistémologie du quotidien de chacun, marquent fortement les groupes sociaux ; 3- finalement, que les modalités d'interaction visant l'éducation des plus jeunes occasionnent de forts changements de la motivation des individus, soit à court terme, via des comportements de l'éducateur plus ou moins favorables aux besoins de chacun (Assor et al., 2001 ; Montpied et al, 2007, Brown, 2000), soit à long terme, via des implicites culturels qui aboutissent à des niveaux de « learned industriousness » qui varient selon les cultures (Kool, 2012).

Cet ensemble de faits nous permet d'anticiper que des problèmes proposés avec des contextes narratifs où des personnages sont mis en scène vont être marqués par cette caractéristique. Le contexte de ces problèmes contient en effet au moins un élément familier à tous : un être humain en train de vivre une situation. Ce type de contexte est donc « lieu » de projection possible et selon les individus, selon le « pouvoir de transportation » du texte, selon les traits du ou des personnages centraux, ce type de contexte peut même conduire certains individus à une identification au(x) personnage(s)

(Krause & Weber, 2018). Temporairement cette identification potentialise les savoirs et les manières de faire de cet autre (notion de « experience taking »).

2.3 Application théorique aux cas des problèmes situés « PISA-Sciences ».

Les deux premiers points découlant des recherches de Ducan (2013) et Smithet al ;, (2018) pour les tâches complexes en général, nous amène à penser que le nombre d'espaces visuels dans le format des items PISA, le nombre minimal d'épisodes attentionnels à créer et la qualité des instructions peuvent jouer dans l'accomplissement des élèves pour des raisons affectives ou cognitives.

2.3.1 Espaces visuels informatifs de l'item

Le dénombrement des espaces visuels informatifs d'une tâche complexe utilisée dans les tests cognitifs est simple à faire puisqu'il s'agit d'une caractéristique de format qui fait intrinsèquement partie des qualités testées par la tâche. En ce qui concerne les items PISA, cet aspect du format n'est pas une qualité prise en compte explicitement comme le format de réponse mais un soin particulier est porté à la présentation des informations et à la matérialisation des espaces visuels porteurs d'informations spécifiques. Il est donc possible de dénombrer ces espaces et de tester l'hypothèse qu'un nombre trop élevé pourrait surcharger la mémoire de travail, réduire la pertinence des plans de résolutions et prendre part en association avec certaines autres caractéristiques à la difficulté d'une catégorie d'items. Cette hypothèse a une légitimité théorique générale à toutes tâches cognitives (cf. plus haut). De plus, dans nos précédentes études sur les items PISA (corpus 2006 et 2015), nous avons montré que des sources de difficulté peuvent être liées à une caractéristique de format : « le format de la réponse ». Cet aspect du format s'associe à d'autres caractéristiques des items et est impliqué dans les écarts de réussites entre des élèves de Statut Économique Social et Culturel (SESC) différents (Le Hebel et al.,2017 ; Montpied et al., 2017).

2.3.2 Épisodes attentionnels du plan cognitif

Une autre caractéristique que nous avons jugée importante à évaluer, est le nombre d'épisodes attentionnels à mettre en jeu dans un item PISA. Il s'agit là directement d'une caractéristique liée sur le plan cognitif à concevoir et suivre à la suite de la demande de l'item (voir points 3 et 4). Cependant, ces demandes cognitives testées dans les items PISA contrairement à celles des tests cognitifs qui ont permis de montrer à quel point cette caractéristique joue sur le niveau de réussite et l'efficacité des individus peuvent être gérées de manière différente par les différents élèves. En effet, l'intention dans la construction de ces items est de produire un ressenti d'interaction authentique avec les éléments de la situation narrée/décrite. Cette notion, développée par des auteurs qui se sont intéressés à la validité des tests de compréhension du langage, est assez proche du principe théorique de PISA. Dans ce cas la validité des « constructs » questionnant les élèves est intrinsèque au fait qu'ils induisent supposément chez l'apprenant, les activités mentales qu'il mènerait dans la vie réelle pour s'exprimer et utiliser des capacités et connaissances langagières (notion de « interactional authenticity » et de « strong performance testing » respectivement Bachman et al., 1989 et McNamara et al.,1996). Or pour que ceci survienne, les items doivent permettre et laisser des espaces d'initiative aux élèves et contenir diverses amorces possibles et détails à comprendre ou non, à

sélectionner ou non, comme lors d'un processus cognitif face à un problème de la vie réelle. Il n'est donc pas possible de prédire que tout individu va nécessairement engager un nombre donné d'épisodes attentionnels dans un item PISA. Cependant, en infraction à ce principe d'interaction authentique et contrairement à ce qu'il se passe dans la vie, les items PISA fournissent bien souvent la réponse sous forme d'options, et même lorsqu'il s'agit de réponses ouvertes, des guidages nous permettent de supposer que les élèves vont procéder comme attendu par rapport à des éléments qui devraient faire « guidances/saillances » et les amener à créer des options et à prendre des décisions en nombre limité. Ainsi, parce que cette caractéristique est fondamentale dans la résolution d'un problème (impactant risque d'erreurs et efficacité) et donc dans notre recherche de variables/ associations de caractéristiques qui sont sources de difficultés et d'écarts entre les élèves, nous avons inféré à chaque item PISA un « nombre d'épisodes attentionnels minimal » en postulant que l'individu s'empare de toutes les informations données et requises et les articulent comme attendu jusqu'à la réponse finale. Ce nombre dépend de certains aspects de format de la demande (options données : nombre d'options, homogénéité, qualité, etc. ; références à des phrases précises dans la question, etc.) mais aussi à la complexité de l'item (structure, quantité d'information, raisonnements demandés, etc.). Notre hypothèse est que cette caractéristique des items PISA-Sciences sera comme dans le cas simple des tests cognitifs en lien avec les scores des élèves. Plus il y aura d'épisodes attentionnels à suivre, à concevoir, à saisir, puis à contrôler par rapport au but de la question et à réinitialiser à chaque décision et inter-épisode, plus l'élève pourra commettre des erreurs en revenant sur des décisions, en perdant le but global du plan, en changeant de plan cognitif ou simplement en épuisant sa motivation, etc. Nous supposons aussi *a priori* que cet aspect pourrait creuser les écarts entre les élèves fragilisés en sciences ou dans notre culture scientifique.

2.3.3 Lisibilité/informativité des demandes et/ou des instructions : possible source de difficulté en lien avec l'effet de « négligence du but » ?

Comme l'on décrit divers auteurs (voir point 2 ; Ducan, 2013), l'excès de complexité des instructions données via une interaction verbale qui vise à augmenter le guidage et préciser la demande d'une tâche cognitive, induit une négligence du but de la tâche et augmente les écarts entre les individus les plus performants et les moins performants. Cependant, ces résultats ont été obtenus sur des tests cognitifs aisément manipulables tant au niveau des contenus que des instructions et qui, bien que les tâches soient dites complexes, restent très différents du test PISA-Sciences. Nous avons malgré tout tenu à tester l'hypothèse que la manière d'instruire les élèves de ce qu'ils ont à faire par rapport à tous les éléments en présence pouvait avoir un impact sur le taux de réussite et sur des écarts de taux de réussite entre des groupes d'élèves fragiles ou fragilisés par rapport aux sciences.

Dans le test PISA-Sciences, les items contiennent divers types d'instructions qui canalisent l'attention et les actions des élèves. Les deux types d'instructions majeures dans les items PISA sont : 1- des indications en italique qui disent à l'élève comment procéder vis-à-vis du contexte ou du format de réponse (ex : utiliser les informations du contexte, cocher une ou plusieurs options, etc.), 2- la ou les phrases qui instruisent le questionnement proprement dit. Tous les items les présentent de la même manière dans des espaces visuels isolés.

Les premières sont très rapidement repérées comme des instructions en italique répétitives (pas/peu spécifiques de l'item) peu complexes qui indiquent très souvent d'utiliser les informations de la structure textuelle (parfois illustrée) pour résoudre la question et indiquent combien/comment cocher. Or dans certains cas, l'indication d'utiliser les informations contextuelles exposées dans la situation pour engager son processus cognitif ne produit aucun bénéfice, car cet exposé ne contient aucune information utilisable pour résoudre la question proprement dite de l'item. L'hypothèse que nous faisons donc dans ce cas est une nuisance de ces instructions. On peut par exemple supposer que les élèves consciencieux/scolaires vont lire ces instructions et chercher à les respecter (même si nos observations montrent que ce n'est pas toujours le cas). Si l'élève suit ces instructions, il va chercher à fonder un plan cognitif sur ces informations qui n'ont pourtant pas de rapport direct à la demande. L'hypothèse que ceci pouvait creuser des écarts et/ou augmenter les échecs à un item nous a paru valide tant aux vues de nos recherches et qu'aux vues de celles faites en psychologie. En effet, ces dernières semblent pouvoir indiquer que l'élève, en cherchant à suivre tout ce qui lui est dit de faire, va perdre le but de la demande. Dans notre cas de test, on peut aussi supposer qu'il va s'épuiser à chercher le sens du contexte qui leur échappe par rapport à la demande. Ce que nous avons observé, c'est que les élèves qui réussissent bien face aux items PISA sont rarement dans ces recherches vaines sur le contexte. En revanche, le retour vers le contexte est une stéréotypie scolaire fréquente (surtout chez les élèves faibles/fragiles) que nous observons même lorsqu'il n'y a pas d'instructions le stipulant. Or ces élèves peu sûrs d'eux cherchant déjà dans ce contexte (dont ils comprennent rarement la fonction au sens où les experts PISA la conçoivent) ce qui est demandé vont être confortés par une instruction qui renforce leur attitude et qui les empêchera d'abandonner le plan cognitif de recherche d'informations (dans ces cas d'items, non présentes dans le contexte). Nous avons donc codé ce problème d'instructions inutiles pouvant induire : des pertes de connexion au but, des recherches de plans cognitifs sans issues, donc des sources de déstabilisation cognitive (augmentation possible de l'incertitude, insatisfaction, confusion etc…).

Concernant le second type d'instructions liées aux demandes, nous avons noté que les demandes de certains items donnent parfois d'un point de vue du fonctionnement cognitif et du ressenti, une impression de rupture (de familiarité, de domaine, etc.) ou simplement ont une complexité (verbale ou réelle) qui rend le but difficile à se représenter dans la cohérence de ce qui vient d'être traité (informations du contexte).Nous avons fait l'hypothèse que certains items étaient alors globalement « opaques ».Cette caractéristique a été attribuée à l'item si nous observions:1) une rupture ressentie (par nous-mêmes non auteurs et donc à fortiori par les élèves) entre le cadre de l'item contextualisé en référence à la vie réelle et le champ de raisonnement ou de connaissances auquel la demande fait appel; 2) une question visant un raisonnement ou une notion très spécifique à un champ disciplinaire qui n'est pas du tout stimulé dans le contexte et qui nécessiterait des rappels notionnels qui ne sont pas présents ou sont tronqués et même parfois confus ; 3) un risque d'opacité pour des raisons sémantiques ou syntaxiques (a priori et/ou à partir de nos observations antérieures des élèves scolairement fragile; Le Hebel et al, 2017 : Montpied et al, 2013).

Quelle que soit la raison de la relative « opacité » de l'item, l'hypothèse que nous formulons, est que, face à cet item, les élèves activeront possiblement un processus psychologique extrême de « freezing » ou de « closing » (Kruglanski, 1996). À la suite d'un accès trop difficile à une compréhension globale ou locale avec un ou des processus

de sélection d'aspects du contexte qui vont être nécessaires à la construction du plan cognitif dans ces items, les élèves vont être acculés selon leur niveau de motivation et d'exigence à ne pas répondre ou à clore par un choix aléatoire.

A l'opacité de la question qui peut avoir les raisons ci-dessus mentionnées, nous avons aussi fait l'hypothèse que d'autres caractéristiques dans ce type d'instruction de la tâche cognitive à engager pouvaient interférer avec les mécanismes de la cognition explicités dans les points 3 et 4 et donc retentir sur cette opacité pour d'autres raisons ou être en elles-mêmes des sources d'erreurs ou d'incompréhension.

Ces autres caractéristiques correspondent à un niveau d'explicitation des liaisons de la question au contexte (texte, données, illustrations, etc.) dans l'instruction qui produit la demande, c'est-à-dire permet sa représentation et lance la tâche cognitive.

Lorsque les liens existent, ils peuvent être implicites ou explicites. Nous pouvons faire l'hypothèse d'une différence de difficulté dans un cas par rapport à l'autre. Lorsque les liens sont explicites, l'élève est instruit des liens à faire et est donc conduit dans son plan cognitif. Lorsque les liens sont implicites, ce qui est quasiment toujours le cas vis-à-vis d'une illustration informative, l'élève devra de lui-même aller vers l'information et découvrir ces liens. Finalement, lorsque les liens sont absents, ceci n'est pratiquement jamais signalé. Ceci à plusieurs raisons de nuire à l'orientation attentionnelle e tà la planification cognitive du processus de résolution. En effet, tout individu qui vient de lire (en s'emparant plus ou moins du contenu) un texte va chercher en général à trouver une cohérence entre ce qu'on lui demande de résoudre et ce qu'il a ressenti/compris de ce qui a précédé la demande. Ceci est non seulement spontané mais c'est aussi le contrat scolaire traditionnel (i.e. : la question correspond à l'énoncé et aux documents fournis). En conséquence, l'élève doit préalablement détecter cet aspect de la demande pour construire un plan cognitif correct. Nos observations montrent qu'en général pour ces questions sans lien au contexte qui sont souvent des questions de connaissances pures (disciplinaires ou épistémiques), l'absence de lien ne pose pas de problème à l'élève s'il a automatiquement la réponse en tête. Mais ce n'est pas le cas général (sauf dans des cas de question de connaissances disciplinaires particulièrement élémentaires). Par conséquent on peut supposer qu'un élève va, avant de construire son plan cognitif de résolution de la question, devoir d'abord mener un travail de comparaison entre le contenu verbal de la question et des options et celui du texte d'introduction. Ceci devrait logiquement amener l'élève à conclure en une absence de lien et lui permettre alors de réorienter son attention sur la question isolément du reste. Cependant nous avons observé maintes fois que les élèves qui par exemple ne comprennent pas que la question (ex qu'elle est une question de connaissance purement disciplinaire), cherchent des liens jusqu'à en trouver. Souvent, l'élève s'empare d'éléments de surface permettant de créer un patron de recherche et procède par analogie et similarité entre ce qu'il voit du côté « page question » et du côté « page situation ». Ce processus cognitif de base, dans de nombreux problèmes de la vie, est très pertinent en l'absence d'information sur ce qui lie deux parties mais il peut devenir absurde si les deux parties n'ont pas de lien. Nous avons pu observer chez des élèves qui ont un niveau académique faible ou sont scolairement « fragiles » qu'ils trouvent effectivement des éléments de similarité et fondent leur choix d'options et leur réponse sur ces éléments. En conséquence, nous pouvons postuler que l'absence de lien non signalé pourrait être une cause de différence entre les élèves fragilisés scolairement ou fragiles en sciences par rapport à ceux qui rarement se satisfont d'un choix de surface. Concernant les liens explicites ou implicites ont des caractéristiques assez difficiles à coder dans les items PISA-Sciences. Tout d'abord l'implicite ou l'explicite de la référence

au contexte ont *a priori* des niveaux variables selon les items. Par exemple, le lien aux ressources fournit dans le texte ou l'illustration peut être implicite dans la question proprement dite mais celle-ci, si suivie d'options proposant visiblement des phrases entrant en cohérence avec le contexte décrit ou narré dans l'item, aura un niveau d'implicite léger. À l'opposé dans les items PISA, on trouve aussi des options qui n'ont pas de lien au texte, ne sont pas comparables (i.e. : phrasés, catégories de mots), ni toutes centrées sur la même chose (relatant d'autres situations/conditions). Nos observations des élèves montrent que ces options, sans explicitation des liens aux ressources, éloignent l'élève des ressources auxquelles la question n'a pas fait référence explicitement et l'éloigne même parfois de la question elle-même. Dans le cadre de problèmes complexes contextualisés visant l'apprentissage, il est en général admis que les liens entre la question posée et les ressources contenues dans le support textuel ou illustré doivent être explicites (Peeck, 1993). Cependant, dans le cadre des items PISA-Sciences, expliciter le lien aux ressources textuelles ou illustrées va s'ajouter parfois à de nombreuses autres instructions et détails de la question. Il est donc tout aussi possible que les items présentant plus d'explicitation soient mieux réussis ou moins bien en raison des phénomènes du type de ceux reportés au point 2. Nous avons malgré tout supposé, sur la base des observations faites en sciences de l'éducation et aussi sur nos observations d'élèves décrites ci-dessus, que plus il y avait d'explicitations plus l'item avait de chance d'être réussi et de ne pas creuser les écarts entre les élèves (Peeck, 1993 ; Le Hebel, et al, 2014, Montpied et al 2013). Notre hypothèse est donc que ces codages différentiels sur les liens explicites, implicites ou l'absence de lien sont susceptibles de participer avec d'autres caractéristiques à des « constructs » qui seraient sources de difficulté et/ou discriminant et, par conséquent, à des classes d'items d'intérêt quant à notre recherche.

2.3.4 Transfert des informations nécessaires à la reconstruction physique et au ressenti du contexte :

Créer des supports textuels et illustrés qui permettent « universellement » aux adolescents de 15 ans de reconstruire pour ressentir physiquement sur la base de leur mémoires vécues la situation proposée comme contexte des demandes cognitives est un objectif plein de contraintes. Parmi les 183 items, il existe des items qui présentent des caractéristiques non souhaitables pour atteindre l'objectif « d'interaction authentique » et le sentiment de cohérence et de compréhension de la situation « réaliste », « authentique » à raisonner. Ainsi nous avons caractérisé des ambiguïtés du texte ou de l'illustration (ex : manque de légendes, changement de terme entre texte et question, etc.). Notre hypothèse est que les élèves en raison d'un manque d'information ou d'un détail vont concevoir une situation erronée et raisonner « à faux » dans cette situation ou alternativement ne vont pas pouvoir se représenter la situation ou encore s'interroger sur les termes (ex : averses par rapport à pluie). Nous faisons aussi l'hypothèse qu'il y aura une variabilité entre les élèves. En effet, lever ces divers types d'ambiguïté demande selon les items soit une grande confiance en soi, soit une connaissance préalable de ce dont il est question, une certaine sérénité par rapport à des changements de termes, etc. Nous avons montré antérieurement en utilisant un questionnaire sur les attitudes, les activités et l'environnement familiale des adolescents que ceux qui ont des vécus/activités extrascolaires moins diversifiés que les autres sont, avec une forte fréquence surprenante, ceux qui réussissent le moins en sciences, apprécient peu les enseignements scientifiques et sont de milieux socioéconomiquement moins favorisés (Montpied et al, 2011). Nous

anticipons donc que ces ambigüités au moins dans certaines classes d'items affecteront plus les élèves fragiles et/ou de milieu défavorisés

Finalement, nous avons aussi constaté d'importantes différences entre les items au niveau de l'absence/présence de rappels de notions essentielles et de l'importance qualitative ou quantitative de mots/notions scientifiques ou spécifiques à un domaine de connaissances non explicitées (ex : mots polysémiques comme force, énergie ; ou mots peu quotidiens/usuels inconnus pour certains élèves, ex : poreux, branchies, pis de vache, etc.).Lorsqu'un item présente un grand nombre de concepts/notions non explicités ou implicitement considérés comme acquis par tous, nous avons codé cette complexité narrative/descriptive de l'item qui aura alors peu de chance de conduire à une représentation « authentique » « ressentie » chez les élèves. Notre hypothèse sera comme précédemment que ces narrations/descriptions trop denses en mots inconnus ne permettront pas le processus psychologique visé : « ressentir le contexte » et démotiveront les élèves fragiles.

2.3.5 Besoin d'affiliation, familiarité des communautés humaines en jeu dans l'item

Toutes les caractéristiques définies dans les sections 2.31 à 2.3.4 vont contribuer au sentiment global de familiarité que pourra développer l'élève à la lecture de l'item. Par exemple, l'effet sémantique (Kole et al., 2015) défini section 2.2, va jouer sur ce ressenti : i) lorsqu'un grand nombre de mots rares ou complexes vont bloquer la construction d'une représentation du contexte ou de la demande ; ii) lorsque l'absence de détails va empêcher de construire la représentation de l'objet inconnu par rapport à des objets et mémoires plus familières et aboutir au blocage du processus psychologique visé de ressenti authentique etc.

Comme nous l'avons mentionné section 2.2 « contextes humanisés » dans les théories de la familiarité, le « sujet » de familiarité par excellence et l'autre être humain. L'observation des items PISA permet de voir que ceux-ci cherchent à insérer des structures sémantiques visant à interpeller les élèves de manière à ce qu'ils se projettent en tant que citoyens/ agents acteurs dans leur culture/société. Ces structures caractéristiques (souvent verbales) font souvent intervenir des « personnages » ou des « groupes sociaux » et l'on peut postuler que ces saillances de « l'autre » dans la situation devraient permettre plus surement de générer des ancrages « authentiques » « réalistes », ce qui est l'exigence du cadre théorique de PISA (voir section 2.2 « interactionalauthenticity » deBachman et al., 1989 et Politt& Ahmed, 1999).

Nous avons donc cherché à caractériser ces régularités des problèmes PISA-Sciences qui visent à déclencher ces processus psychologiques du ressentis du réel à travers une identification ou contre identification soit à un/des citoyens appartenant à une société, un groupe social, soit à un individu proche (autre adolescent, potentiel mère/père de famille etc.) qui sont acteurs dans la narration.

Afin que l'élève ressente le niveau de vécu de ces personnages en lisant les items PISA, les narrations/descriptions doivent relater des traits de ces personnes (voir section 2.2 et Krause& Weber, 2018). Le niveau de familiarité de ce(s) personnage(s) et la précision avec laquelle ce ou ces personnages sont décrits, vont être des causes majeures de différences de ressentis entre les élèves (voir section 2.2 « contexte humanisés). Cependant, d'une manière générale ces aspects devraient modifier l'ancrage et l'interaction authentique avec la situation-problème. L'autre aspect noté dans les items

PISA qui sera important dans le processus psychologique des élèves dans le cadre de ces items « humanisés » et le fait dans la demande l'identification est quasiment prescrite en mentionnant dans la question ce(s) personnage(s) comme agent(s) important(s) du raisonnement du problème auquel l'élève doit faire face. Nous pouvons faire l'hypothèse que des motivations basées sur le ressenti du « moi » par rapport à cet ou ces « autres » humains (valorisation dévalorisation) vont plus jouer dans le cadre des items PISA qui mettent en exergue des individus/groupes d'individus dans la question elle-même.
Nous avons donc caractérisé les items en fonction de ces deux aspects d'évocations des personnages dans l'item. Deux caractéristiques ont été codées :

1- la nature des communautés humaines intervenant dans la situation/ les traits des personnages.
2- le fait que la question stimule ou non une projection : soit verbalement donc directement/de manière dirigée, soit sans réactivation donc indirectement/ de manière non dirigée.

Les quelques traits communs de ces personnages intervenant dans les narrations des items PISA sont les suivant :

1-proches des élèves (souvent d'ailleurs des élèves sont impliqués dans la narration) ;
2-appartenant à des groupes proches d'eux au sens où ils ont un savoir commun (habitants d'une ville, patients, etc.) ;
3- appartenant à des corps de métiers variés qui ont un savoir-faire précis ;
4- finalement à la communauté scientifique qui implicitement est en possession des savoirs interrogés par le test.

Ces inserts dans le contexte déclencheront des ressentis variés selon la valeur que l'élève s'accorde, accorde aux individus des communautés évoquées et aussi selon ce qu'il sait des savoirs des uns et des autres. Se projeter en s'identifiant à ces personnes, ou s'exclure en se négativant ou en négativant ces personnes, peut avoir des effets sur la motivation donc l'engagement cognitif et/ou la fluidité cognitive (voir section 2.1 et 2.2).

2.4 Simulations

PISA Science 2015 a intégré des simulations (passation sur ordinateur du test). Les simulations sont présumées générer une sensation de réalité instantanée mais elles ne sont pas du type de celles utilisées dans les situations d'apprentissage auxquelles Beckman & Goode, font référence. Elles permettent à l'élève d'être actif dans la genèse de données à partir de la situation décrite/ narrée. Les faits/données apparaissent donc à l'élève en temps réel et sous son action. Les simulations sont de nouvelles formes de représentations en éducation et sont devenues assez familières aux élèves. On peut donc penser que la compétence transversale d'utilisation des outils proposés (compétence du socle commun) est acquise par tous les élèves et n'interfère pas avec l'évaluation de la culture scientifique. Des auteurs ont cherché à analyser l'influence que les animations pouvaient avoir sur l'apprentissage. Certains faits laissent penser que les animations donnent l'illusion de compréhension chez les élèves. Les observations motivationnelles seraient plutôt positives mais les apprentissages faits avec les simulations seraient superficiels (Ainsworth, 2008).
Les références sur des simulations visant des évaluations du type de PISA n'existent pas. Les simulations PISA présentent comme les autres items une situation de contexte qui vise à générer chez l'élève un ressenti de la situation « authentique »/ « réaliste » afin de

l'amener à raisonner comme s'il était un agent dans une situation « citoyenne » réelle similaire. Ceci nous conduit à émettre l'hypothèse d'un potentiel processus de compétition entre deux types d'« embodiment » : d'une part, le ressenti pseudo-corporel de la situation imaginée du contexte narré et, d'autre part, le ressenti à partir des actes moteurs/visuels réels avec l'interface d'une situation virtuelle (simulation).
Le processus de mentalisation de notre corps dans une action non vécue (embodiment) qui fait suite à une « As If Body Loop » et qui génère des marqueurs somatiques dont la fonction est de soutenir les planifications cognitives dans cet espace imaginé (Damasio, 1996) est attesté par de nombreuses expériences utilisant diverses techniques. L'imagerie fonctionnelle cérébrale montre en particulier que les systèmes neuronaux mis en jeu quand on s'imagine en train de faire une action sont les mêmes que ceux que nous mettons en jeu lorsque nous la faisons réellement. Cependant le niveau d'activité de ces réseaux est extrêmement amoindri lorsque nous nous imaginons en train d'agir. De ce fait, l'action réelle immédiate reste prioritaire au niveau des prises de décisions et des cycles cognitifs/affectifs qu'elle peut éventuellement demander.
Ces données neuroscientifiques pourraient être explicatives d'une apparente motivation et de l'« illusion d'apprentissage » reporté par les auteurs dans le cadre des simulations utilisées pour l'apprentissage des sciences. Dans le cas des évaluations du type PISA nous pouvons postuler que la situation imaginée à partir du contexte « à vivre en tant qu'agent/citoyen » et la situation interactionnelle d'actions réelles avec les outils du simulateur et des animations immédiates, ne vont pas du tout générer la même intensité au niveau des ressentis physiques. L'hypothèse que nous faisons est que le ressenti de la situation contextualisée peut relativement s'effacer chez certains élèves par rapport à celui de la situation active immédiate où ils vont effectivement via les outils de la simulation être les agents des effets survenant dans divers espaces visuels avec des ressentis réels directs donc un « embodiment » beaucoup plus puissant. La priorité attentionnelle et décisionnelle risque d'aller à la saillance des données qui viennent d'apparaitre avec le risque de raisonnement superficiel, de négligence de certaines informations, de plus d'erreurs. Ceci nous a amené à coder le fait que l'item implique ou non des outils/objets/animations d'une simulation.

3 Approche méthodologique de la construction, du traitement et de l'analyse des données

Cette recherche, comme la précédente (Montpied et al., 2017), vise, grâce à l'ASI, à identifier des associations fréquentes entre des variables caractérisant des catégories d'items du corpus de 183 items de PISA-Sciences 2015. Les classes implicatives représentent donc des types d'items cumulant plusieurs caractéristiques (sur lesquelles nous avons théoriquement posé parfois des hypothèses concernant les SOD ou les SOE). Le nombre de ces items devient statistiquement surprenant au sein du corpus et les classes ainsi trouvées nous permettront de discuter des hypothèses que nous avons faites sur les nouvelles variables et leurs associations avec des variables du cadre théorique PISA. Nous utilisons dans ce but la même approche méthodologique décrite en 2017. Brièvement, il s'agit de l'étude de variables supplémentaires que nous notons « variables élèves » car elles sont relatives aux scores d'un sous-groupe d'élèves ou à des écarts entre des sous-groupes définis. Nous chercherons à savoir si les types d'items identifiés dans l'étude principale, associant des caractéristiques spécifiques définies par nos nouvelles

variables ainsi que celles du cadre théorique PISA, fondent des classes d'items où l'on trouve une participation remarquable d'items parmi les plus difficiles/faciles pour des sous-groupes d'élèves, pour la population française ou internationale.

L'ASI nous permet ainsi de tester l'interaction de deux processus psychologiques : celui de l'examinateur et celui de l'élève. Comprendre cette interaction est fondamental dans la validité d'un élément composant une évaluation sommative (Dihllon, 2011). Cette recherche vise donc à obtenir plus de précisions sur ces interactions grâce à aux nouvelles variables qui découlent des caractéristiques des items PISA explicités dans nos cadres théoriques très différents de celui de PISA sciences.

Concernant les variables supplémentaires dites « élèves » nous avons ajouté par rapport à (Montpied et al., 2017) les variables qui marquent les écarts de scores entre des quartiles de références correspondant aux 25% des élèves français qui ont globalement des scores PISA-Sciences très faibles, faibles, moyens ou forts indépendamment de leurs origines socio-économiques.

3.1 Variables correspondant aux caractéristiques de construction.

Toutes les variables que nous avons utilisées pour l'analyse ASI principale sont décrites dans les tableaux ci-dessous. Elles correspondent aux caractéristiques des items nommées dans la première colonne. Ces caractéristiques sont, soit définies par le cadre théorique PISA et précédées par le chiffre romain « I » ; soit définies à partir du cadre théorique PISA modifié pour plus de détails et de précisions et précédées par le chiffre romain « II » ; soit finalement définies et explicitées dans notre cadre théorique et précédées du chiffre « III ». La deuxième colonne donne les définitions de ces variables. Dans la dernière colonne du tableau, nous donnons le code utilisé dans le traitement par le programme de classification hiérarchique implicative et cohésitive (CHIC, Gras et al., 2001) qui figurera éventuellement sur les représentations des arbres de la classification hiérarchique.

Caractéristiques des items	**Définition des variables principales**	**Code dans l'analyseCHIC**
I-connaissances nécessaires et interrogées	Connaissances de contenus se référant à trois domaines des sciences enseignées : 1) contenu de physique/chimie/technologie ; 2) contenu de sciences de la terre et de l'univers ; 3) contenu de sciences de la vie Connaissances à propos des sciences : 4) procédurales ; 5) épistémiques	1) ctphys; 2) ctearth ; 3) ctlife ; 4) procd ; 5) epist
I-format de réponse	6) Choix multiple simple : sélectionner une ou deux options parmi quatre ou cinq ; 7) choix multiple complexe : prendre des décisions par rapport à de multiples affirmations/hypothèses/insertions optionnelles successives ; 8) réponse ouverte à rédiger	6) smc ; 7) cmc ; 8) open

Tableau 1a – Définition des variables utilisées dans l'analyse principale

Caractéristiques des items	**Définition des variables principales**	**Code dans l'analyse CHIC**
I-Contexte du sujet proposé	9) santé et maladie ; 10) ressources naturelles ; 11) qualité de l'environnement ; 12) catastrophes /dangers et sécurité ; 13) frontières des sciences et technologies	9) HD; (10) NR; (11) EQ; (12) HZ; (13) FST

II-Situation du contexte par rapport à l'élève	Certains items proposent des situations dont le contexte intéresse deux des trois types initialement codés 14) personnel et global ; 15) personnel et sociétal ; 16) sociétale et global s'ajoutent donc aux trois caractéristiques initiales : 17) global ; 18) personnel ; 19) sociétale	(14) perglo : (15) persoc; (16) socglo ; (17) glo ; (18) pers ; (19) soc
II-Complexité du raisonnement sur l'échelle de DOK	L'échelle PISA du DOK (depth of knowledge) catégorisait les items selon trois niveaux. La catégorisation selon l'échelle de Webb (1997) avec quatre niveaux nous semble mieux nuancer la complexité des items (DOK1= le moins complexe)	20) DOK1 ; 21) DOK2 ; 22)DOK3 ; 23)DOK4
II-Demande nécessitant une forme d'Explication scientifique d'un phénomène	Cette compétence (EPS) est une des trois compétences évaluer par PISA, qui propose que les items mesurant cette compétence peuvent évaluer cependant six formes de compétence EPS : 24) se rappeler d'une connaissance et l'appliquer ; 25) Identifier, utiliser et générer des modèles et représentations explicatifs ; 26) Faire et justifier des prédictions de manière appropriée ; 27) Offrir des hypothèses explicatives ; 28) Expliquer les implications potentielles d'une connaissance scientifique dans la société	24) RAAsk; 25) IUGexm; 26) MJpred; 27) Oexhyp ; 28) EimpSo
II-Demande nécessitant une forme d'Évaluation et de conception d'une recherche scientifique	Cette compétence (ECRS) est une des trois compétences évaluer par PISA, qui propose que les items mesurant cette compétence peuvent évaluer cependant six formes de compétence ECRS : 29) identifier la question explorée dans une étude scientifique ; 30) Distinguer les questions qui peuvent être l'objet d'une investigation scientifique ; 31) proposer une manière d'explorer scientifiquement une question donnée; 32) évaluer des manières d'explorer scientifiquement une question donnée ; 33) Décrire et évaluer comment les scientifiques s'assurent de la fiabilité de leur données et de l'objectivité et de la généralisation d'un résultat	29) IScStgo; 30) DQivsc; 31) PwyScQ; 32) EvwyEp; 33) DEvrbl
II-Demande nécessitant une forme d'Interprétation scientifique des données et des faits	Cette compétence (IDES) est une des trois compétences évaluer par PISA, qui propose que les items mesurant cette compétence peuvent évaluer cependant six formes de compétence IDES : 34) transformer les données d'une forme de représentation en une autre ; 35) Analyser et Interpréter les données pour en tirer des conclusions; 36) identifier les assomptions, les preuves, les raisonnements dans un texte scientifique ; 37) Distinguer des arguments qui se basent sur des preuves et des théories scientifiques de ceux qui se basent sur d'autre considérations ; 38) Évaluer des arguments et des preuves scientifiques produits par différentes sources (ex : internet, journaux, revues spécialisées etc.)	34) Tfdtre; 35) AIdtcc; 36) IevRtx; 37) DargSc; 38) EvScAO

Tableau 1b – Définition des variables utilisées dans l'analyse principale

Caractéristiques des items	Définition des variables principales	Code dans l'analyse CHIC
III-Ambiguïtés dans l'exposé du contexte	Ambiguïtés nuisant possiblement à la compréhension/représentation du contexte : dues à des mots différents entre contexte et demande ambiguïté d'un concept (intrinsèquement vague ou rappel incomplet de définition) ou d'une structure verbale (39) dues à des imprécisions graphiques de légendes etc. sur l'illustration (40)	(39) ambtxt; (40) ambsch
III- Opacité ou obstacles à la lisibilité possibles de l'item	Opacité en raison d'une rupture de cohérence ou d'un accès difficile à une représentation du but en raison d'un état global des structures informatives et interrogatives complexe de l'item (41) La lisibilité peut être diminuée en raison de la complexité des notions et des mots utilisés (ex notions non enseignées, mots peu usuels, mots polysémiques : force, énergie etc.) (42)	(41) HighOp; (42) Wordcp
III- Niveau de relations entre le contexte et la demande	Pas de lien de dépendance entre le contexte et la demande (43) Dépendance de la demande et du contexte (44)	(43) indep; (44) depend
III- Nombre d'épisodes attentionnels minimal du plan cognitif	Les items ont été catégorisés en trois groupes : les items demandant de mener et maintenir un plan cognitif sur plus de 8 épisodes attentionnel (45) ; les items demandant de mener un plan sur 4 ou moins d'épisodes attentionnels (46) et les items médians demandant de maintenir et mener un plan sur un nombre d'épisodes attentionnels entre 4 et 8 (47)	(45) EpAtH8; (46) EpAt4; (47) EpAtmd;
III- Nombre d'espaces visuels informatifs	Les items ont été catégorisés en deux groupes : ceux demandant repérage/gestion de 4 espaces visuels informatifs ou moins (48) ; ceux demandant repérage/gestion de 5 espaces visuels informatifs ou plus (49)	(48) Spvis4; (49) SpvisS5
III- Items avec un contexte « humanisé »	La présence d'individus humains acteurs dans la situation proposée représentent soit : une communauté proche de l'élève (50) ; une communauté de savoir-faire (51) ; la communauté scientifique (52) Le processus de projection et/ou d'identification à l'autre (personnage de la narration) est implicite dans la demande (53) ou explicite (54). Ce processus est absent en l'absence de personnages (55)	(50) clocom; (51) Khcom; (52) Kcom; (53) prjind; (54) prjdir; (55) noprj
III- Instructions accessoires à la demande de l'item	Les instructions en italique rappellent à l'élève d'utiliser les informations données dans le contexte qui précède la demande proprement dite. Dans quelques cas ces instructions peuvent être des « faux amis » car la demande fait appel à une connaissance de l'élève qui n'a pas de rapport aux informations du contexte (56).	(56) Instpb
III-compétences et connaissances générales et compétences logiques/applications mathématiques	Sans les connaissances ou compétences scientifiques (citées ci-dessus) ou en plus de celles-ci, on constate que répondre à certains items demande des connaissances/compétences : soit transversales (ex : celles du socle commun pour savoir exécuter une simulation) ou très générales liées à des automatisations visuelles, textuelles, analogie/comparaison entre deux zones pointée (57). soit mathématiques les réponses demandant calculs ou applications de logique (58)	(57) CpKGpg; (58) CpKlogM

Tableau 1c – Définition des variables utilisées dans l'analyse principale

Caractéristiques des items	Définition des variables principales	Code dans l'analyse CHIC
III-Illustrations	Un grand nombre d'items présente des espaces visuels qui ont une sémantique graphique qui peut être une (ou plusieurs) image ou photo illustrant le sujet de l'item (59) ou des formats fournissant des données et nécessitant des lectures plus spécifiques schéma (60) graphe (61) tableau (62). Finalement certains items accumulent plusieurs types d'illustration (63)	(59) photdr; (60) schem; (61) graph; (62) table; (63) xill
III- Référence aux savoirs dans le contexte	Le contexte des items prend en compte une situation réelle qui est forcément multidisciplinaire. Le nombre de domaines disciplinaires scolaires identifiables par l'élève dans la narration / description nous à perms de catégoriser les items ayant pour caractéristique de stimuler un ou deux domaines disciplinaire (64) ou plus de 3 domaines (65)	DomKn (64) ; DomKS (65)

Tableau 1d – Définition des variables utilisées dans l'analyse principale

3.2 Variables supplémentaires

Dans notre approche, les « sujets » sont les items et non les élèves car ce sont ces « objets interactionnels » qui nous donnent le plus d'informations et de possibilités de faire des hypothèses sur les processus psychologiques de résolution par des individus de 15 ans. Cependant ce sont bien ces élèves qui sont au centre de nos questionnements. Or nous n'avons qu'un indice sur les processus psychologiques effectivement mis en jeu dans l'échantillon d'élèves participant à l'enquête PISA : leur réponse juste ou fausse selon les critères de PISA et le score de 1 ou 0 qui s'ensuit. L'analyse statistique implicative entre les 65 variables de constructions classifiant les 183 items du corpus en type d'items qui sont statistiquement des constructions marquantes dans le corpus a pour but de nous permettre de retourner vers la relation des élèves à ces types d'items. L'analyse supplémentaire de variables dites « élèves » que nous allons décrire a donc cette visée.

Dans toutes évaluations sommatives de cette ampleur, le seul aspect analysable du processus psychologique de résolution des élèves se trouve dans leurs scores. Ce score attribue un état de compétence et de connaissance, définissant pour PISA, la culture scientifique de l'élève. A l'issue du test, le Département de l'Évaluation de la Performance et de la Prospective (DEPP du ministère de l'éducation) attribue à chaque élève des scores pour tous les items que l'élève n'a pas eu à résoudre en utilisant des modèles de statistiques prédictives. Ainsi tous les élèves sont un score sur les 183 items, et c'est à partir de la somme de ces scores que l'accomplissement global est calculé définissant la performance d'un élève et supposément sa culture scientifique. Un taux de réussite (en %) qui se rapporte aux 6100 réponses des élèves français participant à l'enquête en 2015est aussi calculé pour chaque item.

Dans l'enquête PISA, une seconde information nous est fournie pour chaque élève. Elle correspond à la passation par tous d'un questionnaire annexe conçu par PISA pour mesurer son niveau sur l'échelle du Statut Économique Social et Culturel (Kelspia & Rocher, 2011). PISA, qui centralise toutes les données sur l'ensemble des participant(es) de tous les pays, a montré que quel que soit le pays le niveau d'accomplissement global au test de culture scientifique d'un élève de 15 ans est corrélé mathématiquement au niveau de cet élève sur l'échelle du Statut Économique Social et Culturel. Cette

corrélation est cependant plus forte en France que dans les pays européens voisins et que dans les pays de l'OCDE en moyenne (Keskpaik& Rocher, 2011).

Grâce à ces deux types d'informations individuelles sur les élèves français (scores et indices SESC) nous avons pu scinder la population à partir des quartiles en fonction des valeurs numériques obtenues par ces élèves depuis les 25% des élèves ayant les scores ou indices les plus bas (quartile1) au 25% des élèves ayant les scores ou indices les plus hauts (quartile 4). Ceci nous permet de calculer les écarts de scores entre ces sous-populations d'élèves. Ces écarts correspondent soit :

-1-à des écarts de performance pour chaque item d'un quartile à l'autre puis entre les deux quartiles extrêmes des élèves ayant des accomplissements globaux au test PISA-Sciences selon l'échelle « pas du tout », « pas », « assez » ou « très performants ». La valeur maximale des écarts entre deux quartiles est divisée en trois pour fonder trois catégories d'items : ceux dont les écarts entre les deux quartiles sont dans le tiers inférieur sont dit faibles, ceux dans le second tiers sont dits moyens, ceux dans le tiers supérieur sont dits forts.

-2- à des écarts de performance pour chaque item, calculés entre chaque quartile et entre les quartiles extrêmes mais cette fois il s'agit des élèves ayant un Statut Économique Social et culturel (SESC) selon l'échelle « très défavorisé », « défavorisé », « favorisé » ou « très favorisé ». Comme précédemment les items sont catégorisés en fonction de la valeur faible, moyenne ou forte de ces écarts.

Le cardinal de ces variables « élèves » dans le corpus correspond à un nombre d'items « marqués » par le fait que leur valeur est comprise entre les deux bornes des intervalles ainsi définis

Finalement nous avons utilisé les catégorisations des items du corpus faites par PISA sur la base des scores corrigés obtenus sur l'ensemble des participant(es). Ces scores pour PISA reflètent le niveau de difficulté des items et l'échelle définie sur la base d'intervalles de scores se décline en 6 niveaux (le niveau 6 étant le plus difficile). Ce niveau de difficulté nous donne une référence des processus psychologiques de la population internationale face à chaque item. Par rapport à cette catégorisation nous avons *a priori* défini 6 intervalles de scores de réussite dans la population française : [0% ; 30%[; [30% ; 45%[; [45% ; 60%[; [60% ; 75%[; [75% ; 100%]. Ainsi nous avons des catégories d'items basées sur les capacités de résolution de l'ensemble des élèves français. Tous les items ont ainsi un « marquage » qui reflète une part des processus psychologiques de résolution de différentes populations et nous donne aussi comment ces processus de résolution sont affectés par le facteur en question (France versus toutes nations confondues ; accomplissement PISA ou origine socio-économique). Ces marquages vont nous permettre de savoir pour chaque classe implicative trouvée entre les variables définies (section 3.1) et représentée par un groupe optimal d'items, si ces items qui ont statistiquement une typologie quasiment commune, ont aussi statistiquement un marquage typique par les variables « élèves » introduites via l'analyse statistique des variables supplémentaires (variables qui correspondent aux scores et écarts de scores explicités ci-dessus).

L'ensemble de ces relations significatives et de leurs caractéristiques issues de l'analyse statistique implicative nous permet de discuter la validité générale et le pouvoir discriminant d'un type de construction identifié comme étant une particularité du corpus PISA. Nous avons considéré les classes implicatives avec des intensités d'implication statistique élevées ; le seuil que nous nous sommes fixés (arbitrairement) est à une intensité de la cohésion de 0.875 dans la classification hiérarchique.

4 Résultats et discussions

L'analyse statistique implicative (ASI) des 65 variables caractérisant des aspects divers qui entrent dans la conception de la structure des items imaginés par les experts PISA conduit à la genèse de 46 classes dont seulement 26 ont un indice d'intensité de cohésion statistique supérieur à 0.875 (seuil en dessous duquel nous ne décrirons pas les classes). Pour toutes ces classes nous avons le niveau de typicalité et de contribution des items « marqués » par les 42 variables supplémentaires dites « élèves » indicatives de leurs processus psychologiques de résolution. Ces variables « élèves » sont soit des scores moyennés sur les populations ou sous-populations d'intérêt soit des écarts de scores (voir section 3 méthodologies).

Les classes que nous avons sélectionnées dans cette section, ont un intérêt par rapport à nos hypothèses de travail sur les processus psychologiques de résolution des élèves face aux items PISA qui, afin d'évaluer l'acquisition des compétences et des connaissances scientifiques, proposent des contextes dits « authentiques » ou « réalistes » au sein desquels l'élève doit situer son raisonnement. Toutes nos nouvelles variables sont en rapport avec cet objectif de PISA qui est supposé valide pour tous les items puisqu'il s'agit de la définition théorique de la culture scientifique que veut évaluer PISA au travers de ce corpus. Comme nous l'avons indiqué dans notre cadre théorique, des caractéristiques cognitives et affectives risquent d'être gênantes dans certains items pour que l'élève raisonne effectivement comme s'il vivait ce contexte. Lorsque ce n'est pas le cas alors, la question de la validité de l'item comme mesure de la culture scientifique se pose si l'on a des indices suggérant que la majorité de la population interrogée ne parvient pas à se représenter la demande dans le cadre du contexte. Cependant si quel que soit le taux de réussite moyen de la population interrogée, on trouve qu'une majorité d'élèves d'un sous-groupe identifiable échoue ou au contraire réussi à un item alors cet item a un pouvoir discriminant qu'il sera nécessaire d'interroger par rapport à la validité de l'évaluation ou de l'équité de l'enseignement de la culture scientifique.

Nos nouvelles variables (tableau 1 : caractéristiques type III) se rapportent à des éléments de construction qui sont propices à des décalages de représentation/compréhension de la situation ou de ses objectifs et de la question qui s'y rattache. Notre hypothèse est que de telles variables peuvent en association avec les variables définies sur la base du cadre théorique PISA produire des effets majeurs sur la difficulté de certains items. Nous nous attendons donc à trouver des classes d'items où ces associations vont produire des décalages qui représentent un écart de vécus et d'expertise trop grand entre la population globale des élèves et les examinateurs, ou entre des sous-populations d'élèves qui n'ont pas le même ressenti en raison de vécus différents. Nous ne pourrons différencier les élèves qu'à partir de deux facteurs qui ne sont pas indépendants et ne concernent pas le même plan d'analyse de la population des élèves français. L'un correspond à l'origine éducative, socio-économique et culturelle qui sur le long terme produit des différences de capitalisation d'acquis, de savoirs, d'attitudes, de visions de soi/ des autres etc. que l'école pour tous est censée diminuer. Ce facteur est susceptible d'induire un effet sur les connaissances, les capacités et la motivation à résoudre certains problèmes PISA-Sciences et peut être lié à des problèmes complexes et/ou scientifiques de la vie. L'autre facteur correspond simplement à un effet immédiat du contrat d'évaluation PISA hors des normes qui réduit ou augmente l'accomplissement de certains élèves face au test PISA-Sciences et donc leur performance globale. Il peut

être aussi interprété comme le reflet de différences de culture scientifique au sein de la population française.

Les classes correspondent à des constructions liant des variables de « caractéristiques des items », présentes à une fréquence surprenante dans le corpus PISA-Sciences (compte tenu de la fréquence de toutes les variables définissant les diverses caractéristiques des items du corpus). Pour chaque classe présentée, nous donnerons le sens général de la classe implicative en rapport à notre cadre théorique et nos hypothèses puis nous exposerons les résultats de l'analyse des variables supplémentaires dites « élèves »qui marquent les items du groupe optimal représentants de chaque classe implicative. Le croisement entre le groupe optimal et le groupe d'items correspondant à une catégorie « variable élèves » est plus ou moins surprenant en considérant les cardinaux de ces groupes optimaux et de ces variables supplémentaires. Ce croisement fera donc de la ou des variables supplémentaires « élèves », une variable statistiquement plus ou moins typique des classes et ce de manière plus ou moins significative. Cette analyse supplémentaire nous informera donc sur les sources de difficultés ou de facilitations (SOD, SOE) liées aux constructions caractéristiques de chaque classe d'items. Nous discutons ces résultats au fur et à mesure par rapport à ce que cela implique concernant la culture scientifique des élèves en France. Les résultats sont scindés en deux parties. Les classes présentées, leur rang hiérarchique, leur intensité d'implication statistique puis dans un second temps l'analyse supplémentaire des variables « élèves » marquant significativement la classe. Les items (code PISA) qui correspondent à leurs groupes optimaux sont montrés en annexe1. Les codes des variables sont ceux notés dans la colonne 3 du tableau 1.

4.1 Les classes d'items qui associent des nouvelles variables caractérisant des items PISA indépendamment des connaissances et des compétences évaluées.

Nous abordons d'abord les classes implicatives qui révèlent des constructions d'intérêt indépendamment des connaissances et compétences scientifiques à mettre en jeu

4.1.1 Rôle des variables concernant l'opacité du questionnement, les formes verbales complexes et le nombre important d'épisodes attentionnels à planifier dans le processus de résolution

La classe cohésitive au rang 10 (indice d'intensité= 0.999) est la conséquence d'une fréquence statistiquement élevée dans le corpus d'items qui d'un part contiennent des mots et/ou des formes syntaxiques peu usuels (le plus souvent des mots scientifiques non explicités ou polysémiques) et d'autre part propose une question dont l'objectif nous est apparu comme difficile à se représenter à l'issue de la lecture de l'ensemble des informations, instructions, et options (si proposées).

Cette classe implicative marque un nombre important d'items du corpus puisqu'elle contient 39 items. L'analyse statistique des variables supplémentaires (qui reflètent l'aboutissement des comportements des différents élèves face aux items PISA) montre que 17 items des 39 du groupe optimal représentant la classe ont un taux de réussite en France des plus bas < à 30%. Ceci représente une élévation de fréquence très significative par rapport à ce qu'elle est sur l'ensemble du corpus : de 15.3% dans le corpus la fréquence passe à 43.6% dans cette classe d'items ($p< 10^{-6}$). Par ailleurs, concernant le niveau de difficulté calculé par PISA sur la base des scores internationaux, on constate que les items dits les plus difficiles (niveau 6 : échelle à 6 échelons) qui sont au nombre

de 9 items dans le corpus PISA 2015 sont inclus dans cette classe d'implication statistique. Celle-ci contient : 8 de ces 9 items ce qui représente une élévation très significative ($p < 10^{-5}$).

Les 39 items du groupe optimal soutenant cette classe au rang 10 se caractérisent de plus par un enrichissement en items marqués par des écarts particulièrement faibles entre les quartiles des élèves :

- soit les plus défavorisés versus les plus favorisés (19% de tel items dans le corpus entier et 33.3% dans la classe au rang 10 : $p< 0.02$)

- soit les plus fragilisés/en échec versus les plus à l'aise/ en réussite sur le test PISA-Sciences (9% de tel items dans le corpus entier et 25.6% dans la classe au rang 10 : $p < 8x10^{-4}$)

Cette classe implicative entre les variables caractérisant la complexité verbale et l'opacité du questionnement ou de son but dans le contexte proposé est globalement appauvrie en items dont le taux de réussite est supérieur à 45% et 10 items de cette classe présentent encore des taux de réussite très faibles entre 30 et 45%.

Ces constats indiquent que cette association de variables dans les items PISA conduit à des difficultés qui touchent la plupart des élèves et une grande proportion des items de cette classe montrent un déphasage entre le processus psychologique des concepteurs et celui de la majorité des élèves indépendamment de leur origine socio-économique ou de leur niveau de réussite globale au test PISA sciences.

Ce que nous observons donc grâce à l'analyse des variables supplémentaires concernant les taux nationaux et internationaux et les écarts entre les taux de diverses sous-populations d'élèves nous permet de conclure que parmi ces 39 items au moins 27 doivent être analysés plus précisément car ils semblent correspondre à ce que la littérature sur les SOD (Dihllon, 2001 ; Pollit & Ahmed 1999) considère comme non ou peu valide. Ils ne permettent pas d'évaluer ce que les examinateurs avaient conçu de mesurer ici : la culture scientifique des élèves.

Consistant avec le fait que ces 39 items contiennent des éléments inhabituellement complexes pour des élèves de 15 ans nous constatons qu'au rang 24 de la classification hiérarchique une implication d'intensité statistique encore forte : 0.875 existe entre les items marqués par la variable caractérisant le fait que ces items présentent un nombre plus élevé d'épisodes attentionnels et la classe implicative initiale 10. La classe cohésitive 26 ainsi fondée est soutenue par le même groupe optimal de 39 items au sein duquel se trouve donc à un taux statistiquement surprenant des items qui conjuguent au moins deux de ces trois variables. Les mêmes constats sont faits sur les classes10 et 26 (même groupe optimal) et ceci renforce l'idée que cette classe d'items est enrichie en items posant un problème de validité concernant l'évaluation de la culture scientifique. En effet, la nouvelle relation d'implication statistique marque ces 39 items avec une caractéristique relativement peu fréquente dans le corpus puisque seulement 40 items du corpus dépassent 8 épisodes attentionnels minimum dans le plan cognitif. Ceci correspond à des demandes où des erreurs peuvent se multiplier, ou bien où la charge cognitive et la complexité de la demande dépasse largement ce que l'on trouve dans la plupart des items où moins de 4 épisodes attentionnels sont nécessaires (demande la plus courante incluant les demandes directes d'application de connaissance N= 72 où l'on a souvent moins de 4 épisodes attentionnels).

4.1.2 Rôle de la cumulation d'ambiguïtés dans le texte et l'illustration

Au rang 12 une classe implicative, soutenue par un groupe optimal de 13 items avec une intensité statistique de cohésion très forte = 0.999, indique que deux variables caractérisent ces items : la présence d'ambiguïté dans le texte de contextualisation, la question ou les options (N = 35 dans le corpus PISA entier) et la présence d'ambiguïté dans les schémas/graphes/tableaux etc. (N = 19 dans le corpus PISA entier). Ce facteur d'ambiguïté que nous avons défini comme des manques, des implicites laissés à propos d'éléments de la contextualisation touche dans le cadre de cette classe d'items à la fois l'illustration et le texte. L'information manquante/implicite n'est pas essentielle pour un individu familier avec la situation ou avec la modalité d'illustration ou avec des raisonnements « accessoires » mais qui sont propres à des schémas/graphes/dessins etc. scientifiques. Par exemple dans un item de cette classe nommé « Ferme aquatique durable » (item libéré en 2015), nous avons noté plusieurs manques d'explicitation dans le texte et le schéma. L'un d'eux concerne l'absence d'information sur l'étape première : la capture des poissons de manière durable dans la mer puis ce que l'on en fait et où cette action se situe dans le schéma. Pour un individu qui a clairement la représentation de la notion de fermage/élevage, de durabilité et comprend sans douter de lui toutes les symbolisations schématiques, les légendes etc., les manques d'informations, les irrégularités de légendes ne posent pas de problèmes d'ambiguïté. Pour un élève qui ne connait pas particulièrement cette pratique humaine du fermage, en particulier, lorsqu'elle est appliquée à des poissons, le texte et le schéma doivent la lui enseigner et donc être sans implicite sur le procédé et l'installation. Dans le cas de cet item, une interprétation parasite pourrait être de comprendre que l'on capture des poissons de mer qui entrent dans le bassin 2 sous lequel est écrit qu'il s'agit du lieu de capture. Ils peuvent aussi se dire que l'élevage des poissons se fait forcément dans de l'eau propre et donc dans le bassin trois où la légende indique « eau nettoyée », etc.

Les 13 items de cette classe implicative ont donc au moins deux niveaux (texte et illustration) où les informations restent floues/manquantes ou implicites. L'analyse des variables supplémentaires dénotant le processus psychologique des élèves et leur capacité à résoudre ces items montre que 10 de ces items sont mal réussis dans la population française. La variable supplémentaire marquant les items dont le taux de réussite est compris entre 30 et 45 % est la variable la plus typique statistiquement de cette classe de 13 items. La fréquence de tels items est de 29.5% dans le corpus PISA et atteint 61.5% dans cette classe implicative ($p<0.01$). Parallèlement aucune des variables caractérisant les écarts faibles, moyens ou forts entre les quartiles extrêmes qu'il s'agisse de ceux en rapport avec l'origine socio-économique ou avec l'accomplissement global au test PISA-Sciences n'indiquent d'élévations d'items très discriminants, modérément discriminants ou pas discriminants. En conclusion, cette classe d'items de taille moins importante et dont les items présentent des SOD moins invalidantes que celles des items des classes précédemment décrites (4.1.1 ; au rang 10 et 26) constitue malgré tout un groupe d'items présentant des obstacles qui n'ont pas de rapport avec la culture scientifique (taux de réussite moyen à faibles et pas d'augmentation des écarts moyens ou forts par rapport au corpus PISA). Contrairement à ceux soutenant les classes implicatives au rang 10 et 26 des modifications mineures pourraient lever les ambiguïtés de ces 13 items (ex : ajouts de légendes et de détails dans le texte).

4.1.3 Contexte mettant en jeu des communautés proches et questionnement qui va indirectement stimuler le ressenti identitaire ou d'affiliation :

Les items PISA-Sciences proposent, conformément au cadre théorique, des situations relativement « authentiques » ou « réalistes ». Lorsqu'il s'agit d'une narration où des acteurs explicitement rattachés à des communautés d'individus qui pourraient être un proche de l'élève ou l'élève lui-même, nous avons considéré que cette mise en scène était propice à une projection de l'élève à l'un de ces personnages. Le fait que l'état d'esprit/ de connaissances/ de comportement de ce(s) personnage(s) est bien connu de l'élève permet d'émettre l'hypothèse qu'il aura une représentation de comment la situation impacte ces personnages et quelles sont leurs connaissances, leurs raisonnements, leurs émotions etc. Cependant, la question proprement dite de l'item peut soit réactiver cette représentation du « moi ressenti », la demande étant alors directement en écho avec cette projection, soit ne pas réactiver cette représentation et s'il y a eu cette projection son rôle dans la demande n'est pas explicite. Nous avons émis l'hypothèse que ce ressenti identitaire ou d'affiliation pouvait varier selon les élèves. Si c'est le cas l'effet sur la motivation d'un élève pourra être notablement positif si, par exemple, les personnages sont des « élèves » et qu'alors se ressentir « élève et acteur dans le contexte » a une valeur hédonique positive, l'effet motivationnel pourra être négatif si dans le même cas l'élève ne valorise pas les qualités de « l'élève » de la narration. Ce ressenti du « moi » va changer l'engagement de saillances affectives en relation avec le rôle que l'élève va se donner/ou donner au personnage auquel il s'est identifié dans les jugements/prises de décisions qui clôturent les épisodes attentionnels du plan cognitif. Ceci selon le contenu et la relation de la question au contexte va interférer possiblement avec la qualité de la réponse scientifique demandée.

La classe d'implication statistique survenant au rang 21 de la hiérarchie (intensité d'implication statistique = 0.999) reflète qu'un nombre statistiquement surprenant d'items (groupe optimal = 15) proposent à la fois une narration impliquant une communauté proche des élèves et font une demande qui ne réactive pas le ressenti de l'élève à propos des personnages proches mis en jeu. Cette structure laisse donc l'élève libre de décider si ces personnages et leurs actions ou les inférences qu'il peut faire sur eux sont importantes dans les décisions à raisonner pour répondre.

Dans le corpus PISA sciences, le nombre d'items qui mettent en scène une communauté proche de l'élève est de N= 30 (f= 16.4%) et celui des items qui supposent une projection mais indirectement est de N= 44 et (f= 24%). Ainsi la classe 21 représente la moitié des items PISA-Sciences où des personnages « proches » de l'élève sont mis en jeu dans le contexte. L'analyse de variables supplémentaires qui traduit comment les différentes populations d'élèves ont fait face à ces items montre :

1-Que les taux de réussite aux items de cette classe implicative 21 sont très également répartis et ne présentent pas d'anomalie de répartition par rapport au corpus entier.

2- Que les items présentant des écarts de réussites majeurs (> 30% en taux de réussite) entre les quartiles SESC1 et SESC4 sont les plus typiques de cette classe. Leur fréquence est de 53.3% et ils sont donc très significativement enrichis dans le groupe optimal ($p<0.04$) par rapport à leur fréquence dans le corpus PISA entier où ils marquent seulement 26.22% des items.

3- Qu'il n'y a pas d'augmentation significative de la fréquence d'items présentant des écarts majeurs entre les quartiles extrêmes de l'accomplissement au test PISA-Sciences global.

Deux explications possibles nous sont suggérées par les analyses vidéographiques sur quelques items PISA-Sciences 2006 :

i) les élèves de conditions familiales ou socio-économiques et éducatives peu élevées ont des jugements faussés par l'identification à une personne proche (ex: un patient malade dans un des items et l'heuristique affective supplante le raisonnement rationnel concernant sa guérison)

ii) ces mêmes élèves risquent aussi de ne pas donner le droit à un individu « proche » de prendre la décision/ d'avoir la bonne démarche dans le problème en question (ex : un personnage nommé Mr Dupond n'a pas de crédibilité et sa démarche bien que scientifique dans la narration, n'est pas jugée valable).

Alternativement on peut penser que les élèves de conditions socio-économiques et éducatives élevées vont être plus à l'aise et pertinents sur ce qui est de l'ordre de la pensée scientifique par rapport à ce qui est commun et quotidien.

4.1.4 Contexte mettant en jeu les communautés scientifiques et un questionnement visant à stimuler directement l'identification au(x) scientifique(s).

Certains items PISA-Sciences comme nous l'avons mentionné font intervenir des personnages. Parmi ces items l'introduction de personnages scientifiques dans la narration fait que l'élève doit se représenter une situation où un/des scientifiques des joue(nt) un rôle important (N=64 ; f = 35%). Pour les élèves (exception faite de la petite minorité dont les proches sont des scientifiques) cette communauté d'individus est hors « normes ». Nos études vidéographiques d'élèves montrent que les élèves ressentaient très différemment cet éloignement et ce genre de contexte. Certains élèves exprimaient spontanément des affects dénotant admiration/respect à propos des scientifiques ou des attitudes typiquement scientifiques en allant parfois au-delà de la demande. D'autres étaient au contraire en souffrance dans ce type d'item. Nous avons donc émis l'hypothèse que ces ressentis très différents de ce type de situation interféraient avec la motivation et l'engagement cognitif et ce particulièrement si la question intégrée à cet espace où les élèves sont censés raisonner faisait intervenir explicitement le(s) scientifique(s) en demandant à l'élève de se mettre à la place du scientifique en train d'opérer/ de raisonner ce dont il est question.

L'analyse statistique implicative montre qu'au rang 6 une classe d'items, dont l'indice statistique de cohésion est de 1 (maximum), exprime une relation entre la présence dans la narration de scientifique(s) et une demande où le « scientifique » se pose la question aussi posée à l'élève à qui l'on demande donc de répondre « comme s'il était le scientifique » de la narration. Le groupe optimal soutenant cette classe est de 37 items c'est-à-dire 20.2% des items du corpus PISA-Sciences ainsi que 57.8% des items mettant en scènes des scientifiques (N= 64) et 71.2% des demandes de projections directes (N=52). Lorsque ce type d'item est imposé à l'élève, c'est en général afin d'interroger des connaissances procédurales ou épistémiques. Nous verrons qu'effectivement la hiérarchie fait apparaitre une relation implicative entre des items mettant en jeu les connaissances épistémiques et cette classe implicative initiale.

L'analyse de la typicalité des items marqués par les variables supplémentaires reflétant le processus psychologique des élèves face à ces 37 items de la classe 5 montre :

1- Que les items de niveau 5 (10.9% des items du corpus PISA) ont une fréquence accrue dans cette classe : 18.9%, et cette variable « niveau de difficulté 5 » calculée sur les scores internationaux est statistiquement typique à cette classe

d'items p<0.09. Cependant elle ne correspond pas exactement aux intervalles des taux de réussites définis dans la population française et bien qu'il y ait un fort pourcentage (45.9%) d'items mal réussis par les élèves français (7 items dont le taux de réussite est <30% et 10 items entre 30 et 45% de réussite) ces deux variables ne sont pas détectées comme statistiquement typiques à cette classe. Ces items sont en moyenne plus difficiles pour les élèves français.

2- Qu'au sein de ces 37 items de la classe implicative (rang 6), les items marqués par des écarts faibles, moyens ou forts entre les quartiles extrêmes ou intermédiaires, reflétant l'influence plus ou moins importante du statut socio-économique éducatif et culturel sur la réussite des élèves, ne sont pas typiques à cette classe d'items et ne montrent pas une fréquence significativement augmentée par rapport à leur fréquence dans le corpus *(note : les items marqués par des écarts de réussite moyens ou forts entre les élèves des quartiles socio-économiques extrêmes (SESC1 et 4) représentent 31 des 37 items de la classe seulement 3% de plus que dans le corpus PISA).*

3- Qu'au sein de ces 37 items, les items marqués par des écarts faibles (25 items) entre les quartiles médians 2 et 3 définis à partir de l'accomplissement plus ou moins performant sur l'ensemble du test PISA-Sciences ont une fréquence accrue (67.6% par rapport à 54.6% dans le corpus) et peuvent être considérés comme typiques à cette classe à p <0.1. Parmi les 37 items du groupe optimal, les items marqués par des écarts de scores moyens et forts entre les quartiles extrêmes (élèves très faibles et élèves très forts) sont en grand nombre mais cela n'est pas statistiquement notable. Bien que les items marqués par des écarts de scores forts entre les deux premiers quartiles d'accomplissement à PISA et les deux derniers soient nombreux dans la classe l'écrasement significatif des écarts de scores pour un grand nombre d'items entre les quartiles médians induit cette situation particulière. Ces écarts forts seulement à bas niveau d'accomplissement et haut niveau peuvent s'expliquer de la façon suivante : les élèves « fragiles/faibles » globalement à PISA face à ces items aux caractéristiques particulières sont possiblement en dessous d'un seuil de motivation ou d'efficacité cognitive. Les élèves « forts » globalement à PISA ont au contraire une potentialisation de leur motivation ou de leur efficacité cognitive.

En conclusion nos observations montrent que les items PISA utilisent, à un taux statistiquement surprenant, une construction comprenant une « histoire de scientifique(s) » et la demande de « terminer l'histoire en étant un scientifique ». Ces 37 items sont significativement plus difficiles pour l'ensemble des élèves et relativement mal réussis par les élèves français mais n'induisent pas d'effet particulièrement typique de l'origine socio-économique (bien qu'il y ait un effet toujours observé comme sur l'ensemble du corpus). Consistant cependant avec une certaine difficulté des items nous observons un effet sur l'accomplissement plus ou moins performant au test PISA-Sciences qui n'est pas linéaire : l'effet montre que les écarts sont importants seulement entre les deux premiers quartiles et entre les deux derniers suggérant deux causes qui seraient pour l'une de difficulté et pour l'autre de facilitation. On peut en effet interpréter cette non-linéarité de l'évolution des écarts de performance entre les quartiles construits sur la base de l'accomplissement au test PISA, par deux types d'attitudes des élèves face à ces items où les scientifiques sont acteurs. L'un de ces types d'attitudes serait essentiellement exprimé dans le quartile des élèves faibles et correspondrait à un

jugement « démissionnaire » *a priori* face à ces items « concernant des scientifiques et donc peu faisables ou motivants pour eux-mêmes ». L'autre type d'attitude serait au contraire représenté chez les élèves forts et correspondrait à un jugement « valorisant » face à ces items qui donnent l'opportunité de s'identifier à un scientifique et renforce le désir d'accomplissement, la motivation cognitive.

Globalement cette classe de 37 items contient des items difficiles dont le contexte crée un ressenti d'éloignement entre l'élève et la situation non quotidienne mais ceci semble être associé avec un ressenti négatif qui peut conduire à des sources de difficulté accrues ou associé à un ressenti positif qui peut alors conduire à des sources de facilitation.

4.1.5 Multiples modes d'illustration, multiplication des espaces visuels et simulations

Au rang 3 une classe d'implication statistique dont l'indice statistique est maximal =1 montre que les simulations (N = 17) s'incluent dans la classe au rang 2 dont le groupe optimal est de 42 items et qui indique que dans le corpus PISA l'utilisation dans la contextualisation de plusieurs modes d'illustration (N= 46) implique quasiment toujours que l'item fait partie des items du corpus marqués comme ayant le plus grand nombre d'espaces visuels contenant de l'information (N = 90).

Les simulations dans PISA ont donc ce format. Elles présentent en effet divers types d'espaces visuels (objets dessinés, curseurs, échelles, grilles de tableau, axes de graphes etc..) et des animations iconographiques ou graphique. L'analyse des variables supplémentaires « élèves » montre que cette classe soutenue par 42 items dont 17 sont des simulations (40.5% du groupe optimal) :

-Contient des items dont les taux de réussites et les niveaux de difficulté PISA (score internationaux) ont une répartition assez proche de celle de l'ensemble du corpus. Ces variables de réussite/échec sur la population française ou internationale ne sont donc pas typiques de la classe d'items contenant les 17 simulations.

- Contient 16 items qui montrent des écarts majeurs (>30% en taux de réussite) entre les scores du quartile socio-économique le plus défavorisé (SESC1) et le plus favorisé (SESC4). La fréquence de ces items fortement discriminants du point de vue de l'origine éducative, socio-économique et culturelle dans le corpus est de 26.2% l'augmentation à 38.1% dans cette classe est donc très significative ($p< 0.06$). Ceci nous permet de supposer que les simulations ont cette même tendance. Notons que les autres écarts interquartiles qui signalent des effets discriminants entre des élèves plus proches du point de vue de leurs origines socio-économiques ne montrent pas de marquage typique à la classe, c'est donc de quartile à quartile que l'écart se creuse linéairement.

-Contient16 items qui montrent des écarts majeurs entre le quartile des élèves qui ont le plus faible accomplissement au test PISA (quartile 1) et ceux qui sont légèrement plus performants (quartile 2). Seule cette variable supplémentaire « élèves » reflétant les écarts de performance globale à PISA entre des quartiles/sous-populations de la population française est typique à la classe attestant que ce type d'items touche plus les élèves très faibles (pas d'effet typique sur les écarts entre les quartiles extrêmes).

Comme nous l'avons exposé dans notre cadre théorique les simulations posent encore beaucoup de questions quant à ce qu'elles peuvent induire au niveau du processus psychologique des élèves. De plus ce que l'on en sait dans la pratique scolaire où elles y sont utilisées essentiellement comme des outils d'apprentissage et rarement comme des

outils d'évaluation est difficile à utiliser directement dans le cadre de l'évaluation PISA-Sciences 2015 où elles font leur première apparition. Le fait que tous les items de simulations se retrouvent dans cette classe d'items dont la structure est propice à des « déperditions » attentionnelles (multiplications des espaces visuels) mais aussi potentiellement à un travail cognitif supplémentaire lié à la multiplicité de modalités informatives (puisqu'au texte vont s'associer multiples formes d'illustrations), ne nous dit pas si les 17 items des stimulations sont plus ou moins discriminants que les 25 autres items classiques. En tout état de choses, si l'on tente d'expliquer pourquoi les items de cette classe contenant les simulations pénalisent plutôt les élèves des conditions socio-économiques très défavorisés et sont des sources de difficulté surtout pour les élèves très peu performants au test PISA-Sciences il est possible de proposer deux éléments explicatifs :

-i) les contextes des items qui nécessitent cette multiplicité d'espaces visuels et d'illustrations contiennent forcément des informations spatialement dispersées et de nature « modale » différentes. Au niveau de la scolarité les élèves ont vécu les travaux pratiques initiés sur une question première explicitée qui est suivie d'un guide des actions vers l'une ou l'autre modalité informative (protocole), et est souvent appuyée d'aide à la sélection et à la synthèse. Dans les items PISA le(s) lien(s) à faire entre la demande et les ou l'un des espaces d'informations ne sont pas guidés (sauf parfois dans le cas d'espaces textuels où une phrase ou un passage est explicitement mentionné comme « clé »). On peut supposer que la familiarité de lecture et d'utilisation de ce format PISA d'espaces d'information multiples, aux contenus brefs et divers s'éduque moins à l'école qu'au travers des jeux éducatifs, des abonnements à des magazines scientifiques (qui ont des formats assez proches de ces structures) et qui constituent des activités extra-scolaires des élèves de milieu favorisés qui ont par ailleurs des activités aussi beaucoup plus diversifiés (Montpied et al., 2011).

-ii) les élèves les plus fragiles (moins de motivation, d'attention, ou avec des manques de savoirs qui limitent l'engagement cognitif et la performance au test PISA) risquent de ne pas s'engager correctement dans la gestion de ces multiples ressources, brèves, nécessitant des saisies globales ou des sélections et des efforts de synthèse de mise en cohérence d'un espace informatifs à l'autre. On peut supposer qu'un élève très scolaire, très peu sûr de lui, avec des habitus d'un guidage de ses actions va faire des sélections en fonction : soit de jugements de valeur sur l'un des espaces informatifs, soit de facilité à comprendre l'un d'eux, soit d'affects personnels, etc.

Les simulations vont potentiellement accroitre ces éléments de difficultés discriminants. Par exemple la simulation va donner une apparente structure sur le plan cognitif en organisant de façon primaire des informations en fonction de « leurs arrivées visuelles » dans le temps et les espaces définis. Les simulations pourraient donc donner l'illusion d'un guidage selon ces axes primitifs de fonctionnement de notre cerveau. L'animation visuelle souvent dispersées dans plusieurs espaces va générer des saillances immédiates et le rapport de l'élève au raisonnement demandé va devenir secondaire surtout si l'élève est peu motivé ou un peu désarçonné. Il survalorisera la dominante visuelle et tentera de saisir des éléments de surface de l'information immédiate dont il est « l'auteur » via les curseurs etc. Notons que ceci peut aussi être explicatif des observations de la littérature sur les effets motivationnelles des simulations qui seraient plutôt positifs avec pourtant des apprentissages qui restent superficiels (voir cadre théorique).

4.2 Les classes d'items où des relations d'implication statistique mettent en jeu des sous compétences et des connaissances

Nous abordons maintenant les classes implicatives qui révèlent des constructions mettant en jeu des connaissances et compétences scientifiques évaluées par PISA.

4.2.1 Implications significatives entre « Analyse interprétative en vue de conclusion », « transformation de la représentation des données », « connaissances procédurales » « dépendance au contexte » et « DOK3 »

Au rang 1, 5, 11 puis finalement 19 de la hiérarchie implicative des classes cohésitives se forment progressivement ; elles sont soutenues par un groupe optimal de 49 items (indices d'intensité = 1, 1, 0.999, 0.963 respectivement. Leur existence statistique signifie qu'au sein de ces 49 items un nombre surprenant d'items font des demandes conjuguant :

i) l'interrogation de connaissances dites procédurales ;

ii) la mise en jeu d'une ou deux compétences qui correspondent à des actions cognitives nécessaires dans les items codés par PISA sous la compétence générique : « Interpréter des données et des faits scientifiquement » ;

iii) la mise en jeu d'un degré de complexité cognitive élevé DOK3,

iiii) la nécessité de se représenter et d'avoir recours à des informations fournies dans le cadre de la situation contextualisant l'item.

Le couple de la classe 1 indique que ces 49 items interrogent tous des connaissances procédurales et le font en impliquant la sous-compétence d'analyse interprétative visant à des conclusions à partir des données. Ces items représentent donc 70% des items interrogeant des connaissances procédurales (N= 70 dans le corpus) et 82% de ceux mettant en jeu la sous-compétence d'analyse interprétative des données (N= 61 dans le corpus). L'implication statistique depuis cette classe d'items vers les items marqués par la variable signifiant que la question de l'item demande nécessairement d'utiliser les informations énoncées dans la narration/description de la situation est cohérente avec le fait que la sous-compétence initiale, comme celle qui se joindra au rang 19, se rattachent à une compétence d'interprétation donc d'utilisation de données fournies. En revanche, une information supplémentaire est fournie au rang 11 montrant qu'une implication statistique existe entre, d'une part, les items marqués par la variable de degré de complexité cognitive à niveau 3 de l'échelle de Webb (1997) et, d'autre part, les items soutenant les deux classes initiales. Ceci indique qu'il s'agit d'une caractéristique statistiquement surprenante au sein de ces 49 items et que ces derniers sont donc cognitivement demandeurs d'un travail complexe (i.e. : selon la définition de Webb, ce niveau demande en général la coordination de savoirs et de compétences à partir de matériel portant sur divers sujets). Le fait qu'au rang 19 une implication statistique existe entre les items marqués par la variable stipulant une autre sous-compétence définies dans le cadre théorique PISA comme correspondant à une autre action interprétative consistant à « transformer des données d'une forme de représentation à une autre » indique qu'un nombre surprenant d'items faisant cette demande (N= 44 dans le corpus) le font dans le cadre des items du groupe optimal initial.

Ainsi globalement toutes ces variables de construction sont souvent présentes conjointement dans ces items. Ceci est consistant avec les définitions données par PISA des diverses connaissances procédurales utilisées en sciences. Ces connaissances procédurales correspondent à une culture sur les mesures, les variables, leurs unités etc. Il s'agit d'être capable de les identifier, de reconnaitre ou évaluer leur fiabilité, leur

reproductibilité etc. en appliquant des connaissances mathématiques, logiques, générales, de sciences expérimentales à un ensemble de faits, de données. Interroger les divers types de connaissances procédurales nécessite de décrire ou narrer une situation explicitant divers niveaux et éléments caractérisant les faits ou les données à partir desquels l'élève devra abstraire les qualités scientifiques de ces données et raisonner sur cette base diverses opérations dont des évaluations ou des interprétations. Il semble donc rationnel de penser qu'un grand nombre d'items qui exigent de mettre en jeu une/des connaissance(s) procédurale(s) demande des actions cognitives organisées dans un plan cognitif complexe où se confronte divers registres de connaissances et de compétences. C'est ce qu'indique la classe implicative au rang 19 montrant que ces items sont souvent de DOK3 et semblent souvent exiger une planification cognitive où au moins deux compétences qui dominent dans ces items et sont interprétatives vont devoir être mises en jeu pour parvenir à la résolution du problème.

L'analyse des variables supplémentaires représentant les processus psychologiques des élèves face aux items PISA montre que ces items de la classe 19 se répartissent autour de la médiane des taux de réussite assez similairement à ce que l'on observe pour le corpus entier (la plupart des items étant > à 30% et < 60%). Ils ne sont donc pas typiquement plus difficiles que le reste des items du corpus mais sont en revanche marqués par leur fort pouvoir discriminant entre les sous-populations d'élèves étudiées.

Nous observons une augmentation très significative des items marqués par les écarts les plus forts (>30%) entre les élèves du quartile SESC1 le plus bas (élèves très défavorisés socioéconomiquement) et le quartile SESC4 le plus élevé. Ces items dont les écarts dépassent les 30% en taux de réussite représentent 26.2% des items du corpus entier (N=48) et 23 d'entre eux font partie du groupe optimal de la classe 19. Cette élévation de fréquence est bien sur extrêmement importante tant au niveau statistique ($p< 0.0001$) qu'au niveau de l'équité des capacités scientifiques développées par ces deux sous populations qui ont suivies le même cursus scolaire.

En comparaison, bien que nous trouvions aussi une élévation des items marqués par de forts écarts entre le quartile des élèves ayant des résultats globaux très faibles au test PISA-Sciences et celui ayant les meilleurs résultats, ces items de forts écarts sont (de par la définition de ces sous-populations) en nombre important dans le corpus entier. Ainsi bien que 37 items des 98 marqués de la sorte se retrouvent dans le groupe optimal de la classe 19 ($p<0.01$). Cette élévation de fréquence est moindre donc que celle observée pour les items marqués par les écarts entre les deux quartiles socio-économiques extrêmes.

Notons qu'entre les 37 items représentant des items qui creusent l'écart entre les élèves les moins performants face au corpus PISA et les meilleurs et les 23 items qui creusent l'écart entre les élèves très défavorisées au niveau SESC et très favorisés il y a recouvrement. Dans le corpus PISA le recouvrement entre les items marqués par le fort écart entre les quartiles socio-économiques extrêmes (N =45) et ceux marqués par les forts écarts entre les élèves les plus faibles et les plus forts à PISA-Sciences (N= 98) s'élève à 48 items (fréquence = 49% dans le corpus). Dans la classe 19 la fréquence du recouvrement est considérablement accrue (fréquence de 73% $p<0.001$) et ceci est dû plus fortement à l'accroissement des écarts de scores entre les élèves d'origine socio-économique extrêmes qu'à l'accroissement des écarts de scores entre les élèves ayant des performances globales à PISA-sciences extrêmes. Cependant, si l'on veut retourner aux items les plus discriminants de cette classe d'items interrogeant les connaissances procédurales dans une association particulièrement utilisée pour les interroger (82% des items codés par PISA « connaissances procédurales ») deux groupes sont intéressants à

comparer. Il s'agit du groupe des 23 items qui sont extrêmement discriminants tant pour le facteur socio-économique que performance à PISA-sciences et du groupe des 14 items qui plus modérément discriminatifs pour le facteur socio-économique restent parmi les plus fortement discriminatifs quant au facteur « performance à PISA ». La question qui pourra être posée sur ces 14 items est : Ces items ont-ils un contenu qui pourrait typiquement creuser l'écart entre les élèves dont les capacités ou la motivation différent face au contrat PISA ?

Globalement, nous pouvons donc conclure que ces items ont une structure qui tend à induire plus particulièrement des sources de difficulté ou des sources de facilitation pour les élèves en fonction de l'environnement familial, social, culturel et éducatif. On peut penser que des éléments en rapport à un « capital » de savoirs, d'expériences ou de confiance en soi permet aux élèves d'origines social, économique et culturel avantagée de réussir ces items. Notre système éducatif ne permettrait pas aux autres élèves de gérer ces demandes de connaissances qui ne sont pas les « objets » typiques d'une discipline enseignée et qui ont lieu dans des items complexes (DOK3) avec mise en jeu de multiples compétences interprétatives d'un texte en parallèle à des graphes ou des tables (comme le montre le graphe implicatif à $p<0.05$). Cependant, ces items peuvent être mal réussi par les élèves fragiles, quelle que soit la raison de fragilité, en raison de leur culture scientifique (connaissances et compétences mesurées non acquises), ou parce que ces items demandent des ressources psycho-cognitive (motivationnelle, attentionnelle et opératoire) que beaucoup d'élèves fragiles ne parviennent pas à mobiliser trop déstabiliser par la complexité et les aspects inhabituels de ces problèmes.

4.2.2 Être capable de distinguer des questionnements scientifiques implique nécessairement la mise en jeu d'une connaissance épistémique

Le fait qu'au rang 8 de la hiérarchie nous trouvions une classe implicative d'intensité statistique maximale =1 qui indique que la compétence « Distinguer des questions qui peuvent faire l'objet d'investigations scientifiques » marque toujours des items qui interrogent une connaissance épistémique est seulement un fait de définition, puisque cette compétence correspond à un des alinéas de la définition donnée par PISA des connaissances épistémiques. Cependant, les 5 compétences déclinées par PISA pour le type de compétence « Évaluer et concevoir une recherche scientifique » (ECRS) ont toutes des définitions qui sont incluses dans la définition détaillée de ce que sont les connaissances épistémiques pour PISA, et plus marginalement elles ont à voir avec des alinéas de la définition détaillée de ce que sont les connaissances procédurales.

Ainsi, dans le corpus PISA, 21 items parmi les 27 items interrogeant des connaissances épistémiques évaluent parallèlement un des types de compétence ECRS. Cependant, les deux compétences : « Distinguer des questions qui peuvent faire l'objet d'investigations scientifiques » (8 items dans le corpus PISA) et « Décrire/évaluer comment les scientifiques assurent la fiabilité, l'objectivité de leurs données et les généralisent » (10 items dans le corpus PISA) sont les plus fréquemment mises en jeu dans les items évaluant les connaissances épistémiques. La compétence « identifier la question explorée par une étude scientifique » est impliquée dans un seul item évaluant une connaissance épistémique (les 7 autres items conjuguent cette compétence à une connaissance procédurale) et celle intitulée « évaluer des manières d'investiguer scientifiquement une question » est impliquée dans 4 de ces items (les 6 autres items conjuguent cette compétence à une connaissance procédurale).

Cette classe au rang 8 représente donc un effet de la hiérarchie implicative et une fraction des items (30%) interrogeant ces connaissances très abstraites sur la nature des sciences en général (connaissances épistémiques). L'analyse des variables supplémentaires révèle des événements statistiquement surprenants dans cette classe de 8 items aux niveaux des items marqués par les comportements de résolution des élèves :

-Au niveau des taux de réussites globaux les items de la classe 8 ont une répartition quasi normale par rapport à celle du corpus, avec même 3 items bien réussis par 60% à 75% des élèves (une fréquence de 37.5% légèrement augmentée par rapport au corpus où f= 21.8%). Le type de connaissances épistémiques qui peut être interrogé en association avec cette sous-compétence ne semble donc pas constituer des sources de difficultés ni dans la population française ni dans la population internationale (1 item est réussi par moins de 30% de la population et un seul est de niveau 5 de difficulté PISA).

-Concernant les écarts de réussites entre les élèves répartis dans les quartiles basés sur l'indice SESC, on constate que ces écarts pour les items de la classe 8 ne sont pas linéaires. Dans cette classe, on observe une augmentation significative des items marqués par des écarts de réussite faibles entre les élèves des deux derniers quartiles socio-économiques : favorisés par rapport à celui des très favorisés (50% des items de la classe 8 par rapport 21.8% dans le corpus entier ; $p< 0.09$). Cet aspect est donc typique de la classe d'item. Une légère augmentation des items montrant des écarts faibles de réussite est aussi observée entre les élèves des deux premiers quartiles des élèves très défavorisés et défavorisés mais elle n'atteint pas la significativité. Au contraire, entre les quartiles SESC 2 (élèves dits défavorisés) et SESC3 (favorisés), ce sont les items marqués par des écarts de réussite les plus élevés qui représentent 50% des items de la classe 8. Bien que cette augmentation ne soit pas significative elle est en cause dans ce qui est observé pour les écarts de réussites globaux calculés entre les quartiles socio-économiques extrêmes (SESC 1 très défavorisés versus SESC4 très favorisés). Les items montrant des écarts faibles de réussite entre ces élèves les plus défavorisés et très favorisés sont en net augmentation par rapport au corpus PISA (fréquences respectives de 37.5 % classe 8 et de 21.8% du corpus ; $p <0.19$), mais ils ne sont pas statistiquement typiques de la classe.

-Au niveau des quartiles basés sur le taux de réussite global au test PISA sciences, on voit que les écarts de réussite sont plutôt modérés entre chaque couple de quartiles intermédiaires sans que ces élévations de fréquences ne soient significatives. Entre les élèves qui ont très mal réussi le test PISA science et ceux qui au contraire ont eu une très bonne performance, nous observons que les items dénotant des écarts de réussites modérés représentent finalement 62.5% des items de la classe 11, ce qui est une augmentation importante par rapport à leur fréquence dans le corpus : 37.1% mais qui n'atteint pas la significativité ($p <0.11$).

- La comparaison des résultats précédents laisse penser que ces items de la classe 8 creusent les écarts d'accomplissement global au test PISA-Sciences mais sont plutôt parmi les items les moins discriminants du point de vue du statut socio-économique (SESC). Nos observations permettent de suggérer que ces items tendent à générer des difficultés chez les élèves plus en raison d'un niveau d'adhésion (motivationnelle, attentionnelle ou cognitive) au contrat PISA qu'en raison de l'origine socio-économique.

On remarque que la classe implicative entre sous-compétence « Distinguer des questions qui peuvent faire l'objet d'investigations scientifiques » et connaissance épistémique se lie au rang 18 à la classe décrite section 4.1.4 où la narration introduit des scientifiques et leurs expériences et où la question explicitement demande à l'élève de se

poser des questions que ces scientifiques se posent. L'inclusion est totale et l'intensité statistique de cette classe 18 est de 0.981.

Ces items de la classe 8 constituent donc une part importante des items les plus faciles mais très minoritaires au sein de la classe 6. Afin de comprendre pourquoi nous avons analysé de manière plus détaillée ces items associant : « l'interrogation d'une connaissance épistémique », « l'interrogation de la compétence : « Distinguer des questions qui peuvent faire l'objet d'investigations scientifiques » et un contexte associant « narration avec personnages scientifiques » et « réponse impliquant une projection directe à ceux-ci ».

En général les demandes des items de la classe 8 sont une série de questions où l'on a introduit des questions « intrus » qui se rapportent à des contraintes économiques, matérielles etc. de la situation au côté de questions qui peuvent faire l'objet d'une investigation scientifique. Pour l'élève, il s'agit de cocher celle(s) que les scientifiques se posent et donc de savoir qu'ils ne se préoccupent pas du coût ou de l'organisation sociétale etc. L'abstraction épistémique n'est donc pas majeure dans ce cas et l'élève peut procéder par élimination. Il est donc intéressant de constater que ceci tend à créer peu de différence entre les élèves des quartiles socio-économique opposés, alors qu'en revanche ceci tend à être assez pénalisant pour les élèves qui globalement « n'entrent pas dans le jeu » ou ne comprennent pas globalement le contrat PISA-Sciences (alternativement ceci peut être très facile pour les élèves qui excellent au test PISA). Par rapport à la classe initiale au rang 6 (section 4.1.4) ces items sont marginaux probablement car le plan cognitif est guidé et donc la difficulté amoindrie mais ils sont typiques de cette classe sur le plan de la non-discrimination socio-économique.

4.2.3 Appliquer une connaissance de sciences de la vie dans un contexte mettant en jeu un grand nombre de domaines de connaissances.

Les connaissances de contenues disciplinaires sont nécessaires pour expliquer un phénomène scientifiquement dans le cadre de chaque épistémologie disciplinaire. Dans les items PISA où elles interviennent elles vont forcément - comme nous l'avons montré (Montpied, 2017) -mobiliser la compétence « expliquer un phénomène scientifiquement » (EPS), car la situation contextualisée contient un phénomène dont ces connaissances sont l'explication. Cependant, nous avons dans cette étude considéré nécessaire de définir plus précisément les demandes des items en codant la ou les compétences scientifiques exactes à mettre en œuvre effectivement dans ces situations/tâches au contexte complexe relevant de ce type « EPS » codé et mesuré par PISA.

Quelle que soit la discipline correspondant aux connaissances de contenu qui interviennent dans l'item, c'est la sous compétence « se rappeler et appliquer une connaissance scientifique » qui est la plus fréquente N= 111. Toutes les connaissances de contenus : en physique/chimie/technologie (N=58), en sciences de la vie (N=58) ou en sciences de la terre (N=34) montrent sur le graphe de trajets implicatifs un lien très significatif ($p<0.01$) vers cette sous-compétence (voir graphe implicatif annexe).

Cependant, lorsque l'on hiérarchise afin de déduire les classes implicatives dans le corpus d'items PISA, ce sont les connaissances en sciences de la vie qui montrent une intensité implicative plus forte vers cette variable de compétence « Appliquer des connaissances ». Cette classe au rang 4 a une intensité statistique maximale = 1 et son groupe optimal de 51 items atteste que dans la plupart des 58 items impliquant une/des

connaissances de sciences de la vie il s'agit seulement de se rappeler de la connaissance et de l'appliquer à la situation. On constate que la variable supplémentaire « élève » la plus typique est celle dénotant que les items soutenant cette classe contiennent un nombre surprenant d'items mieux réussis par les élèves Français que par ceux des pays de l'OCDE : 9 items des 19 du corpus entier. On peut donc conclure que la plupart des items faisant intervenir une (ou des) connaissances de science de la vie font intervenir des connaissances dont les élèves se rappellent et qui semblent en moyenne plutôt mieux connues que dans le reste des pays de l'OCDE (OCDE, 2016 mentionne en effet la France comme ayant plus de facilité en sciences de la vie qu'en physique).

Au rang 17, on constate que la variable caractérisant le fait que le contexte des items met en jeu de nombreux domaines de savoirs (supérieur à 2 : N= 43 items dans le corpus où la plupart des items comprennent seulement un ou deux domaine(s) en lien aux sciences dures ou humaines : géographie, histoire, sciences économiques etc..) se lie à la classe de rang 4 : « mis en jeu d'une connaissance en sciences de la vie » « application de la connaissance à la situation ». L'intensité de cohésion statistique est de 0.986, indicatrice d'un très fort recouvrement (c.-à-d. : les 43 items apportant la caractéristique de complexité du contexte au niveau diversité des domaines de savoirs en jeu sont souvent inclus dans les 51 items de cette classe initiale).

Le groupe optimal de cette classe au rang 17 reste le même et ces 51 items restent marqués par les mêmes interceptes avec les variables supplémentaires « élèves ». Cette analyse des variables supplémentaires « élèves » montre que :

- ces items souvent en contexte multidisciplinaire plus complexe que la moyenne des items du corpus (3 domaines de savoirs ou plus) ne sont pas très significativement enrichis en items mal réussi par la population. En codant ce nombre de domaines de savoirs différents que le contexte stimule nous avions plutôt fait l'hypothèse d'un effet négatif sur la performance et ceci est donc relativement invalidé. Cependant, ces 51 items interrogeant des connaissances de sciences de la vie ne présentent pas une répartition exactement similaire à celle du corpus. On note en particulier que 11 des 28 items du corpus qui génèrent des taux de réussite très faibles (< à 30%) dans la population française se trouvent dans cette classe. La fréquence d'items très mal réussi augmente donc dans cette classe passant de f=15.3% dans le corpus à f= 21.6 p< 0.12). Ces items seraient donc à étudier afin de savoir si c'est plus un effet contexte multidisciplinaire complexe qu'un effet connaissance disciplinaire elle-même (comme précédemment proposé avant d'avoir l'information de cette association avec des contextes multiples domaines : Montpied et al, 2017) qui génère la source de difficulté. À l'opposé on constate aussi une légère élévation des items qui génèrent des taux de réussite entre 60 et 75% de la population (14 items des 40 du corpus : f= 27.4% par rapport à 21.8% dans le corpus ; p<0.2) ces items sont aussi d'intérêt pour savoir quelle est l'origine de cette facilitation au sein de ces 51 items se rattachant à la même classe : nous chercherons à savoir s'ils ont la caractéristique de complexité multidisciplinaire du contexte.

-La variable indicatrice de faibles différences entre les deux derniers quartiles socio-économiques des élèves favorisés (SESC3) et très favorisés (SESC4) est une variable typique à la classe avec une augmentation des items marqués par ces faibles écarts qui passe de 21.8% dans le corpus à 31.4% dans la classe 17, p < 0.06. Globalement, les écarts entre les quartiles extrêmes ne manifestent pas de pouvoir discriminant supérieur à ceux des items du corpus. Ces items seraient donc un peu moins discriminants que le reste des items du corpus en diminuant seulement l'avantage lié à une origine éducative socio-économique et culturelle très élevée par rapport à moyennement élevée.

-Ces items ne creusent pas la différence entre les élèves fragilisés face au corpus PISA et les élèves qui y réussissent le mieux. A aucun niveau on ne voit d'écarts différents de ceux du corpus (la tendance étant malgré tout à une élévation du nombre d'items marqué par les écarts les plus faibles à chaque différence interquartile). Ceci est consistant avec des items plus scolaires demandant seulement de faire état d'une connaissance en générale enseignée et plutôt mieux enseignée en France que dans le reste des pays de l'OCDE (voir ci-dessus).

4.2.4 Faire état d'une connaissance en physique dans un contexte sans présence de communautés humaines ou de personnes :

Au rang 16, on constate qu'une classe implicative est fondée sur l'association statistiquement surprenante dans le corpus PISA entre le fait qu'un item met en jeu des connaissances de physique dans des contextes qui sont des narrations/ descriptions de situations « authentiques » / « réalistes » ne faisant pas intervenir de communautés humaines. L'intensité statistique de 0.993 est très élevée indiquant que le phénomène dans le corpus entre les 58 items faisant intervenir ces connaissances en physique et 86 items faisant intervenir ce type de contextes sans personnages ou communautés humaines est important : le groupe d'items représentant la classe est en effet de 39 items c'est-à-dire les 67, 3% des items « connaissances en physique » et 45.3% de ceux dont les contextes ne sont pas humanisés.

Étant donné les fonctions affectives que peuvent jouer la présence de personnages dans les contextes (voir section 4.1.3 et 4.1.4), leur absence peut avoir divers effets. Dans le corpus en général cette absence est rencontrée dans des contextes soit très brefs soit centré sur un « objet » non situé en regard de ce qu'en pense ou en font un/des individus dans notre culture. La référence à la vie réelle peut alors être très simple ou rester vague ou au contraire être détaillée mais selon des aspects matériels/factuels ou des données expérimentales. Il est donc difficile de faire une hypothèse générale sur ce que pourraient induire cette variable caractérisant 86 items du corpus.

L'analyse supplémentaire des variables « élève » concernant la classe de 39 items représentant la mise en jeu d'une connaissance en physique et d'un contexte sans référence à un individu ou un groupe humain montre qu'en comparaison au corpus entier :

1- Les 39 items de la classe ont une proportion plus élevée d'items de niveau 4 donc plutôt mal réussis par tous les élèves ce qui pour PISA définit la difficulté en matière de culture scientifique ($f=25.7\%$ dans le corpus augmente jusqu'à $f=41.1\%$ dans la classe ceci est significatif et typique à cette classe $p<0.03$). On retrouve une tendance dans la population française avec la fréquence des items dont le taux de réussite est compris entre 30 et 45%, est vue augmentée, passant de 24.6% dans le corpus à 33.3% dans la classe sans atteindre la significativité ($p < 0.14$). On est cependant en présence d'une classe d'items dont près de la moitié mettent en échec plus de la moitié des élèves.

2- Les variables « élèves » indicatrices d'effets minimaux de l'origine éducative socio-économique et culturelle sont typiques à cette classe. Les items marqués par des écarts de taux de réussite les plus faibles entre les élèves des quartiles SESC 1 et SESC2 (24 items $p<0.0004$), des quartiles SESC2 et SESC3 (20 items $p<0.03$), et finalement en conséquence entre les quartiles SESC 1 et SESC4 (12 items $p<0.05$) ont des fréquences significativement plus élevées que dans le corpus entier. Ceci indique que les sources de difficultés significativement plus

importantes dans cette classe d'items (point 1) affectent les résultats des élèves quelle que soit leur origine socio-économique. Il intéressant de noter que les écarts de réussites entre les élèves des quartiles « très défavorisé » et « défavorisé » sont minimes et cet écrasement significatif des différences à ce niveau de l'échelle SESC contraste avec ce qu'il se passe entre les quartiles « favorisé » et « très favorisé » de l'échelle où ces items ne sont pas particulièrement ceux qui génèrent les écarts les plus faibles. Globalement nos résultats indiquent que les élèves de milieu très favorisés ont plus de facilités quant aux demandes faites dans le cadre de ces 39 items.

3- Les variables élèves indicatrices des performances globales à PISA-sciences marquent significativement ces 39 items. La variable marquant les items du corpus qui présentent un faible écart de performance entre les quartiles des élèves les moins performants au test PISA-Sciences par rapport au plus performants est la plus typique à cette classe. Ces items sont rares dans le corpus (f= 9.3%) et leur fréquence augmente jusqu'à f= 20.5% $p<0.01$. On peut noter que l'écrasement des écarts de performances est plus manifeste entre les deux premiers quartiles des élèves ayant le plus faible accomplissement à PISA-Sciences. La fréquence de tels items est de 26.7% dans le corpus et augmente jusqu'à 43.6% dans cette classe implicative ($p<0.02$).

En conclusion, comme dans le cas des demandes mettant en jeu des connaissances en sciences de la vie ces items qui mettent en jeu des connaissances de physique sont parmi les moins discriminants du point de vue de l'origine socio-économique. Si l'on compare ces deux classes on peut émettre l'hypothèse que le contenu de connaissance et la contextualisation mettent les élèves dans une situation assez traditionnelle/proche des problèmes proposés à l'école. Ceci est confirmé par le graphe implicatif (voir annexe 2) qui montre que les questions d'application des connaissances disciplinaires sont des demandes souvent à complexité 1 (DOK1) incorporant les demandes indépendantes du contexte et où les espaces visuels sont en faible nombre. Le graphe montre aussi une association (implication à $p<0.05$ alors qu'elle à $p<0.01$ pour la physique) entre l'interrogation des connaissances de sciences de la terre et les contextes non humanisés ce qui fait que ces contextes restent en alignement avec l'objet disciplinaire « non humain » et même si la question n'est pas exactement faite en référence à la discipline les attitudes négatives des élèves à l'égard de ces disciplines pourraient être stimulées. On doit donc se questionner sur ce lien plus fort dans le corpus PISA entre l'interrogation des connaissances de physique (et dans une moindre mesure des connaissances de la terre) qui sont les disciplines déjà « malaimées » par rapport aux sciences de la vie (Montpied, et al., 2011) et un contexte déshumanisé. L'hypothèse d'un effet motivationnel liée à la contextualisation semble donc plausible. Dans la population française : les connaissances de physique (celles de sciences de la terre aussi) apparaissent dans le test PISA moins bien acquises que celles de sciences de la vie alors que le nombre d'heure d'enseignement et favorable à la physique. Il faut noter malgré tout que la classe associant les connaissances de la physique et le contexte non humanisé contient des items moins discriminants à tous les niveaux de l'échelle socio-économique (en comparaison au corpus PISA), ce n'est pas le cas de la classe associant les connaissances de la vie et des contextes multi domaines. On peut suggérer que les connaissances de physiques dans les contextes PISA sont mobilisables ou non

mobilisables par tous, alors que celles de sciences de la vie dans les contextes multi domaines sont mieux mobilisées par les élèves des quartiles socio-économiques supérieurs. La meilleure performance en science de la vie (vue aussi ici) n'est pas vue dans les pays voisins et dans les pays de l'OCDE.

5 Conclusion et discussion générale

Les observations et théories sur les processus généraux de résolution des tâches cognitives complexes, et les descriptions faites en sciences de l'éducation concernant plusieurs caractéristiques psycho-cognitives et psychoaffectives qui sont de potentiels perturbateurs dans l'évaluation d'un raisonnement des élèves face à un problème dit « authentique » « réaliste » nous ont permis d'établir des variables caractérisant les items du corpus PISA 2015.

Nos hypothèses étaient que ces nouvelles variables pouvaient intervenir en conjonction ou non avec des variables du cadre théorique de PISA-Sciences dans des difficultés ou des facilitations des processus résolutifs des élèves et en particulier dans des écarts de réussite entre des élèves d'origine socio-économique différentes, ou entre des élèves qui globalement indépendamment de leur origine sont de très faibles à très forts face à ce test PISA-sciences.

Nous avons pu montrer grâce à l'A.S.I. que l'analyse implicative sur les 65 variables principales caractérisant les items nous conduisait à des classes implicatives qui se rapportaient seulement à des caractéristiques de contexte de l'item. Ces classes (section 4.1 à l'exception de 4.1.4) du haut au bas de la hiérarchie restant dissociées des variables de mesure de la culture scientifique montrent clairement grâce à l'analyse des variables supplémentaires que des aspects contextuels sont purement impliqués dans les résultats des élèves et surtout dans la discrimination des élèves selon leur origine éducative socio-économique et culturelle. En effet ce sont ces classes qui contiennent les marquages les plus typiques et significatifs des écarts de scores entre les quartiles de l'échelle basées sur les index socio-économiques. Dans ces classes nous avons observé que les constructions particulières des contextes qui caractérisent chaque classe d'items PISA-Sciences avaient des effets variables sur la difficulté à résoudre correctement le problème et sur les écarts entre les sous populations (quartiles) d'accomplissement au test global PISA-sciences. Certaines constructions du contexte accroissent les difficultés de tous les élèves en ayant ou non un effet parallèle sur le creusement des écarts entre les élèves « fragiles en sciences » ou fragilisés par le contrat PISA-Sciences » et ceux qui ont des scores attestant d'une plus grande aisance face à ce contrat. Les résultats montrés section 4.1 suggèrent donc que la construction ou le contenu du contexte influence l'efficacité cognitive des élèves.

Plus précisément, une de ces classes contient des items, qui pour la plupart (77% ; $p<0.01$) génèrent des sources de difficulté pour 55 à 70% des élèves de la population française. Il s'agit d'items où deux types d'ambiguïtés coexistent l'une au niveau du texte l'autre au niveau de l'illustration. Cette double ambiguïté crée des SODs qui ne sont pas typiquement discriminantes, ni au niveau origine socio-économique, ni au niveau de l'accomplissement au test PISA sciences. Ce dernier point indique que ces items peuvent générer des obstacles quels que soient les élèves et accroit la présomption que ces ambiguïtés du contexte disqualifient la valeur de ces items pour mesurer la culture scientifique des élèves. Ces ambiguïtés probablement involontaires peuvent être aisément

supprimées et ceci permettrait alors sans aléas la construction par les élèves d'une représentation correcte du contexte.

Très différemment deux autres de ces classes mettent en jeu des variables caractérisant des contextes « humanisés » et caractérisant comment la demande fait référence ou non à ces personnages. La première de ces classes indique qu'une proportion inattendue d'items du corpus où la narration du contexte fait intervenir des personnages qui sont proches de l'élève ne font plus mention de ces personnages au niveau de la question laissant donc l'élève gérer la valeur de son ressenti d'identification dans le cadre du raisonnement demandé. Cette construction est donc propice à augmenter les effets de subjectivité de l'élève (ex : raisonner avec des croyances, des savoirs quotidiens ou supposer au contraire qu'un individu banal ne peut pas raisonner le problème scientifiquement). La seconde de ces classes indique qu'une proportion inattendue des items qui font intervenir des personnages scientifiques (contextes de vie où ils ont un rôle ou « histoires de scientifiques ») vont en revanche proposer des questions qui font explicitement référence à ces personnages. Ainsi que l'élève ressente éloignement, rejet ou identification aux scientifique(s), il doit se placer au même niveau ou dans la peau d'un scientifique pour répondre souvent à une question que se pose(nt) le(s) scientifiques de l'histoire ou qu'il(s) a (ont) résolue. La différence de difficulté que créent ces deux types de constructions contextualisant la demande par rapport à des personnages est surprenante. La première classe d'items ne contient pas des items particulièrement difficiles pour l'ensemble des élèves en revanche ces items creusent les écarts entre les élèves d'origine socioéconomiques différentes. La seconde classe d'items contient en revanche une augmentation significative des items plus difficiles et ils creusent les écarts entre les élèves les plus « faibles ou fragilisés » dans leur accomplissement face au test/contrat de PISA-Sciences par rapport à ceux qui ont un accomplissement très performant. Cependant cette dernière classe se lie à l'évaluation des connaissances épistémique (comme vu sur le graphe implicatif annexe 2 sur la droite avec des implications les plus significatives $p<0.01$; voir section 4.1.5 description). Nous nous trouvons donc dans ce cas face à des items où il est bien impossible de savoir si les élèves possèdent la connaissance épistémique mesurée où s'ils sont impressionnés pour certains avec réduction de l'efficacité motivationnelle et cognitive ou pour d'autres valorisés avec renforcement motivationnel et cognitif. Si le ressenti demandé semble impossible la solution parait très probablement impossible, si le ressenti demandé est stimulant alors l'exigence de satisfaction quant au choix de réponse peut simplement permettre un contrôle cognitif extrême conduisant à mieux relever divers détails afin de raisonner par élimination, par déduction de l'intention et de la réponse attendue la plus probable etc. Dans l'un ou l'autre de ces ressentis extrêmes pour le(s) scientifique(s) cocher la mauvaise ou la bonne option n'atteste pas forcément que le niveau d'acquisition de la connaissance épistémique est très différent. Ces deux classes d'items, où l'humain est une saillance incontournable du contexte, montrent à quel point des constructions associées dans la demande changent la difficulté de ces items et ceci en raison le plus probablement de processus psychologiques qui n'ont pas à voir avec la culture scientifique mesurée mais avec des vécus, des représentations de soi, des attitudes des élèves (confiance en soi effet de subjectivité dans le premier cas ; rejet des scientifiques ou admiration effet motivationnel/cognitif dans le deuxième cas; voir Montpied et al., 2011).

Finalement, une classe d'items met en évidence le rôle important de l'intégration et l'interprétation visuelle des items et ces items contiennent les items animés (simulations).

Concernant les questions que nous nous posions sur les simulations cette classe d'items y répond partiellement. Ces items (simulations comprises) ont des caractéristiques de construction propres à créer une dispersion attentionnelle (le plus grand nombre d'espaces visuels) et exigent de gérer/intégrer diverses modalités sémantiques illustratives au côté du/des espaces textuels. Nous proposons à l'issue de cette étude d'analyser très spécifiquement les 17 items de simulations et d'analyser un corpus qui les élimine. Ce travail déjà initier semble montrer que les items qui débutent les unités où se succèdent plusieurs items de simulations peuvent être résolus sans impliquer les compétences ou connaissances scientifiques codées et mesurées par PISA. Il s'agit essentiellement dans ces items débutant l'unité d'avoir des compétences générales de compréhension textuelles et symboliques sur une interface que l'on doit être capable d'activer et dont l'activation guide les efforts d'attention visuels. Ces efforts dans ces items sont principalement de comparaisons/analogies entre des espaces visuels « pointés » à l'issue desquelles il suffit de reporter ce qui est apparu d'un coté sur l'autre côté proposant les choix/options où le même élément est présent. Parfois l'item est légèrement complexifié par l'ajout d'une application mathématique ou logique (ex : additionner un chiffre mentionné avant de comparer aux choix). À l'opposé, certains items vont demander de créer des plans cognitifs complexes où se confrontent divers types de connaissances et de compétences scientifiques dans la recherche de la solution. Ces observations scindent les simulations en deux types d'items : les uns qui testent le contrôle cognitif et attentionnels et des compétences générales, les autres qui sont particulièrement complexes car non seulement ils exigent la vigilance attentionnelle mais nécessitent aussi de maintenir un plan cognitif long et couteux. Ces observations auraient pu être en quelque sorte lues au niveau de la classe 38 que nous n'avons pas sélectionnée. Il s'agit d'un nœud implicatif dont l'intensité implicative est de 0.577. Cette classe : « ((DOK4 (sim (xill SpvisS5))) (CpKlogMCpKGpg)) » corrobore en effet : 1-le lien entre les items des simulations et les items d'une complexité assez rare puisque seulement 8 items sont codés DOK4 dans le corpus. 2- le lien entre les items de simulation et une classe d'items typiquement enrichis en items les plus faciles (classe 29 : 50% des items de niveau 1 ; $p< 0.02$) qui font des demandes de compétences générales, logiques ou mathématiques (cadre dans lequel nous considérons que certains items peuvent être résolus sans faire appel aux compétences ou connaissances scientifiques supposées).

Notre étude nous a permis d'obtenir les résultats décrits dans la section 4.2 et de répondre directement à des questions concernant la significativité des associations entre des choix de contextes et des choix de connaissances ou compétences à interroger. Nous avons effectivement mis en évidence des classes d'items au sein du corpus qui lient des variables qui ont un rapport avec des qualités du plan cognitif de résolution à engager ou avec des connaissances et compétences PISA à engager et des variables qui ont un rapport à des aspects du contexte en tant que tel ou en tant qu'aspect introduit dans la demande de l'item. Ces classes montrent que chaque type de connaissances semble être interrogé préférentiellement avec un type de contextes et la même gamme de compétences. Ces effets entre connaissances et contexte sont particulièrement visibles sur le graphe des trajets implicatifs (annexe 2). Ce graphe corrobore et complète les classes que nous avons décrites entre les variables trouvées plus particulièrement liées (et de manière différentielle) aux 5 types de connaissances définies et évaluées par PISA (graphe implicatif : flèche d'implication statistique rouge $p<0.01$, bleu $p<0.05$, vert $p<0.1$). Le graphe montre assez clairement des tendances très distinctes entre les items construits pour interroger des connaissances en sciences et ceux construits pour interroger les

connaissances à propos des sciences. Au niveau des compétences, bien que nous ayons codé les items en détaillant celles-ci et en considérant que certains items mettent en jeu plus d'une compétence, nous retrouvons les associations décrites en 2017 (Montpied et al., 2017). Il n'y a donc pas de transversalité des compétences : les 140 demandes de connaissances en sciences restent exclusivement couplées à des compétences de type EPS, et les demandes de connaissance à propos des sciences principalement couplées à des compétences interprétatives (très majoritairement pour les connaissances procédurales) et évaluatives (très majoritairement pour les connaissances épistémiques). A cette partition des compétences interrogées pour chaque demande de connaissances types s'ajoute une partition des types de contextes utilisés et des modalités de présentation des demandes dans ces contextes. Les contextes où l'action d'une personne ou d'une communauté de personne est mise en jeu n'est pas une modalité « statistiquement choisie » pour interroger des connaissances de contenus et c'est au contraire une modalité typiquement choisie aussi bien pour les connaissances procédurales qu'épistémiques. Ces deux types de connaissances font l'objet de longues définitions dans le cadre théorique PISA (OCDE, 2016). Ces définitions montrent que ces connaissances sont centrées sur les mêmes aspects des sciences bien que dans le cas des connaissances épistémiques il s'agit d'appliquer la règle abstraite de l'épistémologie scientifique à la situation expérimentale à évaluer (i.e. : mémoire explicite des règles) et dans le cas de connaissances procédurale il s'agit plutôt d'interpréter et de juger pratiquement (i.e.: mémoires procédurales expertes = routines entrainées par la pratique des sciences expérimentales visant l'acquisition d'automatismes propres à celles-ci). Par exemple, nous trouvons dans les deux types de connaissances à propos des sciences un alinéa concernant les mesures et les erreurs de mesure : la connaissance épistémique correspondante est : « Comment l'erreur de mesure affecte le niveau de confiance en une connaissance scientifique » ;la connaissance procédurale est « Comment s'assure-t-on de la reproductibilité d'une mesure (proximité entre les mesures répétées d'une même quantité) ou de la précision de données (proximité entre la mesure d'une quantité et la véritable valeur de cette quantité). Ainsi il n'est pas surprenant que les mêmes situations soient utilisées pour amener ces demandes interprétatives et évaluatives de processus expérimentaux ou de leurs résultats. En revanche, il est intéressant de constater que l'interrogation des connaissances de contenu disciplinaire se fait (peut être selon la tradition ?) sans risquer des contextes où une identification/contre-identification est appelée ce qui peut avoir comme nous l'avons dit, en raison de la saillance naturelle qu'une présence humaine induit dans une situation, avoir des effets positifs ou négatifs selon les valeurs des élèves (valeur du moi, valeurs des communauté ou des personnages, rapport entre ces valeurs). L'analyse hiérarchique des classes implicatives met en évidence deux groupes d'items relatifs aux deux types de connaissances à propos des sciences. Le premier groupe concerne les items de plus forte difficulté concernant les connaissances procédurales interrogées dans le corpus et le deuxième les items interrogeant les connaissances épistémiques les plus faciles du corpus. Nos résultats montrent que les 70% des items interrogeant des connaissances procédurales le font dans des constructions qui demandent des raisonnements complexes (DOK3) et des plans cognitifs impliquant souvent plusieurs compétences scientifiques (niveaux d'interprétations), ceci est difficile pour l'ensemble des élèves participant à PISA mais creuse très significativement l'écart entre les sous populations socioéconomiquement défavorisées par rapport à celles très favorisées. À l'opposé, les 30% d'items faciles interrogeant des connaissances épistémiques touchent plus les élèves ayant un très faible

accomplissement au test PISA sciences. Le fait que les items de cette classe sont parallèlement contextualisés dans le cadre d'histoire impliquant des scientifiques et faisant une demande où l'élève doit se positionner comme ces derniers est susceptible de démotiver *a priori* des élèves qui ont *a priori* une sensation d'échec. Nous avons donc réussi ici à isoler les items qui rendent les connaissances procédurales plus difficiles et à isoler à l'opposé ceux qui rendent quelques items interrogeant les connaissances épistémiques faciles. Ceci confirme le fait que ces deux types de connaissances à propos des sciences sont très diverses comme le supposent les définitions données par PISA. Ceci confirme aussi nos résultats de 2017 montrant que les connaissances procédurales interrogées en contexte avec un type de compétence générale « interprétation de données/faits de manière scientifiques » ont une proportion très élevée d'items difficiles, et que parallèlement les connaissances épistémiques interrogées en contexte avec la compétence générale d'évaluation et de conception d'une recherche scientifique montrent une distribution des items décalée vers les pôles très difficiles et très faciles. A l'issue de cette étude, il nous reste à saisir ce qui rend les 30% restant d'items interrogeant les connaissances procédurales moins difficiles et les 70% restant d'items interrogeant les connaissances épistémiques plus difficiles. Sachant que ces connaissances sont malgré tout très indissociables il nous semble important d'étudier beaucoup spécifiquement le sous-corpus des 97 items mesurant ces deux types de connaissances.

Concernant les connaissances de physique, de sciences de la vie de la terre, l'analyse hiérarchique grâce à l'analyse principale et supplémentaire nous a montré de plus qu'interrogées chacune dans le cadre de contextes caractéristiques, ces items quelle que soit la discipline n'induisent pas d'effet discriminant : les variables « élèves » les plus typiques sont dans ces classes des variables indiquant un écrasement des écarts entre les élèves. Ces items contrairement aux classes concernant les items interrogeant les connaissances procédurales et épistémiques ne sont pas discriminants que l'on considère le facteur socio-économique ou de facteur performance face au contrat/test PISA sciences. Or ces connaissances de contenus comme le montre le graphe implicatif (Annexe 2) sont le plus souvent liées à une demande de savoir exact établi et répété en général au cours de la scolarité (DOK1 et compétence : « se rappeler d'une connaissance explicative d'un phénomène présent dans le contexte ») et bien que le contexte PISA puisse être plus ou moins aidant il est aussi souvent inutile (voir indépendance graphe implicatif). Globalement ces modalités sont assez traditionnellement ce que les élèves ont eu l'habitude de rencontrer au cours des programmes scolaires. Ainsi les connaissances disciplinaires les plus répétées ou faciles des programmes scolaires ou celles qui bien que ciblées restent difficiles ne creusent pas les écarts de manière typique comme le font les connaissances procédurales et épistémiques. Ces dernières ne sont pas typiquement enseignées dans une discipline ou explicitement le but d'une unité enseignement de sciences ou sont en France pour certains aspects enseignées en mathématiques (e.g. : notion d'incertitude). Plus implicites que les connaissances de contenus disciplinaires dans les enseignements scolaires on peut émettre l'hypothèse que l'une des raisons de leur effet beaucoup plus discriminant dans le cadre du test PISA tient à la forme de l'enseignement en France. En effet, les différences SESC que nous trouvons pour les 70% des items interrogeant les connaissances procédurales sont peut-être dues à un cadre éducatif extra-scolaire des élèves des milieux socioéconomiquement élevés (SESC4 mesure le niveau d'éducation des parents en plus des rangs professionnels et des richesses de l'environnement de l'élève). Similairement, les écarts creusés pour les élèves très fragiles en sciences ou fragilisés par le corpus PISA-Sciences face aux 30% d'items

interrogeant des connaissances épistémiques pourtant faciles pourraient être dus à un manque de confiance en soi/ des attitudes de rejets etc. accrus par ces demandes PISA concernant des connaissances rarement interrogées et dans un cadre inhabituel lié à un contexte très éloigné de la vie de l'élève. Ceci nous permet aussi d'émettre l'hypothèse que si les connaissances à propos des sciences étaient enseignées de manière aussi ciblée que les connaissances de contenus la discrimination entre les élèves pourrait diminuer. A nouveau nous espérons, en ayant une recherche spécifique sur ce corpus d'items mesurant ces connaissances à propos des sciences, mieux cerner comment ces items sont et ne sont pas discriminants tant au niveau du facteur socio-économique que du facteur performance face au contrat/test PISA sciences et potentiellement pourquoi.

Références

[1] Assor, A., Kaplan, H., Kanat-Mayman, Y-K & Roth, G. (2005) Directely controlling teacher behaviors as predictors of poor motivation and engagement in girls and boys: the role of anger and anxiety. *Learning & instruction*, (15) 397-413.

[2] Ainsworth, S. (2008). How do animations influence learning? In D. H. Robinson & G. Schraw (Éd.), *Recent innovations in educational technology that facilitate student learning*. Charlotte, NC: Information Age Pub.

[3] Beckmann, J.F., & Goode, N. (2014). The benefit of being naïve and knowing it: theunfavorableimpactofperceivedcontextfamiliarityonlearningincomplex problem solving tasks. *Instr. Sci.* 42, 271–290.

[4] Brown, R. (2001) *Group processes*. Edt Blackwell publishers.

[5] Craig, A. D. B. (2009b) Emotional moments across time: a possible neural basis for time perception in the anterior insula. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 364, 1933–1942.

[6] Damasio, A. R. (1996) The somatic marker hypothesis and the possible function of the prefrontal cortex. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, (351), 1413-1420.

[7] Deschamp, J-C., Beauvois, J-L. (1996) *Des attitudes aux attributions : sur la construction sociale de la réalité*. Grenoble : Presse Universitaire de Grenoble.

[8] Dhillon, D. (2011). Predictive models of question difficulty - A critical review of the literature. *The Assessment and Qualifications Alliance*, 21.

[9] Ducan, S. and Barett, L.F. (2007). Affect is a form of cognition: A neurobiological analysis. *Cognition & Emotion*, 21(6): 1184–1211.

[10] Duncan J. (2013). The structure of cognition: attentional episodes in mind and brain. *Neuron*, 80:35–50.

[11] Gras R., Kuntz P., Briand H. (2001). Les fondements de l'analyse statistique implicative. *Mathématiques et Sciences Humaines*, n°154-155.

[12] Gras R., Suzuki, E., Guillet, F., Spagnolo, F. (2008). *Studies in Computational Intelligence: Statistical Implicative Analysis: Theory and Applications*. Ed Springer-Verlag, Berlin, Germany.

[13] Güss, C.D., Burger, M.L., Dörner, D. (2017) The Role of Motivation in Complex Problem Solving, *Front. Psychol.*, (8)861.

[14] Hardin, E. (2002) Educational strategies: Problem solving concepts and theories. *J. of Veterinary and Medical Education*, 30(3), 227-230.

[15] Heckhausen, J., Wrosch, C., Schulz, R. (2010) A Motivational Theory of Life-Span Development. *Psychol.Rev.*, 117(1): 32-53.

[16] Keskpaik, S., Rocher, T. (2011), La mesure de l'équité dans PISA : pour une décomposition des indices statistiques. *Education et formations*, 80, 69-78.

[17] Kole, J.A., Snyder, H., Brojde, C. and Friend, A. (2015) What's the Problem? Familiarity, Working Memory, and Transfer in a Problem- Solving Task *The American Journal of Psychology*, 128(2), 147-157.

[18] Konishi M, McLaren DG, Engen H, Smallwood J. 2015. Shaped by the past: the default mode network supports cognition that is independent of immediate perceptual input. *PLoS One*. 10: e0132209.

[19] Kruglanski, A. (1996). Motivated closing of the mind: «Seizing» and «Freezing». *Psychological review*, 103, n°2, 263-283.

[20] Le Hebel, F., Montpied, P. and Tiberghien, A. : Which answering strategies do low achievers use to solve PISA science items?, in *Insights from research in science teaching and learning* (Selected topics of the 10th ESERA international conference). Edt Springer-Verlag France, pp 237-252, 2015.

[21] Le Hebel, F., Montpied, P., Tiberghien, A., &Fontanieu, V. (2017). Sources of difficulty in assessment: example of PISA science items. *International Journal of Science Education*, *39*(4), 468‑487.

[22] Markowitsch, H.J. (2013). Memory and Self-Neuroscientific Landscapes. *ISRN Neuroscience* Vol.2013, Article ID176027, pp1-26.

[23] Milenković, D., Segedinac, M., Hrin, T., &Gajić, G. (2015). Evaluation of Context-Level Effect on Students' Performance and Perceived Cognitive Load in Chemistry Problem-solving Tasks. *Croatian Journal of Education : HrvatskiČasopisZaOdgojiObrazovanje*, *17*(4), 959‑982.

[24] Montpied, P. Le Hebel, F, Tiberghien, A. (2013) Implication of students'affects in attention and cognitive potentials engaged to solve PISA problems evaluating scientific literacy. Présentation at the *10th international conference of the European Science Education Research Association* (ESERA), 2013.

[25] Montpied, P., Duclos, M., Le Hebel, F., Noveck, I., Tiberghien, A., Van Der Henst, J-B., Jayez, J. (2017), Origine Socio-économique des élèves et évaluation de la culture scientifique par PISA: Utilisation de L'A.S.I. pour trouver des classes d'items d'intérêt pour analyser la problématique, In J.C. Régnier, R. Gras, R. Couturier, A. Bodin. *Analyse statistique implicative. Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques ?* Actes du 9ème colloque ASI9. Belfort : UBFC. 311-400

[26] Montpied P., Hiolle V., Gras R., Tiberghien A., (2011), Profils d'attitudes et orientations motivationnelles : les dynamiques d'engagement à l'égard des sciences

chez des élèves de troisième, de seconde et de première, *Éducation et didactique*, vol 5 n°1, 45-70.

[27] Oosterwijk, S., Lindquist, KA, Anderson, E, Dautoff, R, Moriquchi, Y, Barett, LF (2012) States of mind: Emotions, body feeling and thoughts share distributed neural networks. *Neuroimage* 62 (3), 2110-2128.

[28] Pollitt, A., & Ahmed, A. (1999). A New Model of the Question Answering Process.*International Association for Educational Assessment*, 14. Slovenia.

[29] Sheldon, K. M., Elliot, A. J., Kim, Y., &Kasser, T. (2001). What is satisfying about satisfying events? Testing 10 candidate psychological needs. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80, 325–339

[30] Smith, V., Mitchell, D.J., Duncan, J. (2018) Role of the Default Mode Network in Cognitive Transitions. *Cerebral Cortex*, 28: 3685–3696

[31] Stefan Krause and Silvana Weber (2018) Lift Me Up by Looking Down: Social Comparison Effects of Narratives. *Front. Psychol.* 9: 1889, pp1-15.

[32] Van Krieken K, Hoeken H and Sanders J (2017) Evoking and Measuring Identification with Narrative Characters – A Linguistic Cues Framework. *Front. Psychol.* 8:1190.

[33] Webb, N.L. (2007). Issues related to judging the alignment of curriculum standards and assessments. Applied measurement in education, 20(1), 7-25.

[34] Zamri, A.B., Abedalaziz, N.A., Ahmad, M& Dad, H (2018) Role of students' contextfamiliarityindifferential equations problem solving at pre-university level. *Malaysian online Journal of Educational Sciences*, 6 (4) p48-57

Annexe

Annexe1 :

Classe implicatives étudiées correspondant à l'analyse hiérachique des implications selon la théorie classique (pas de seuil d'originalité). Le rang dans la hiérarchie est l'intensité implicative ainsi que le code des items du groupe optimal représentant ces constructions sont précisés.

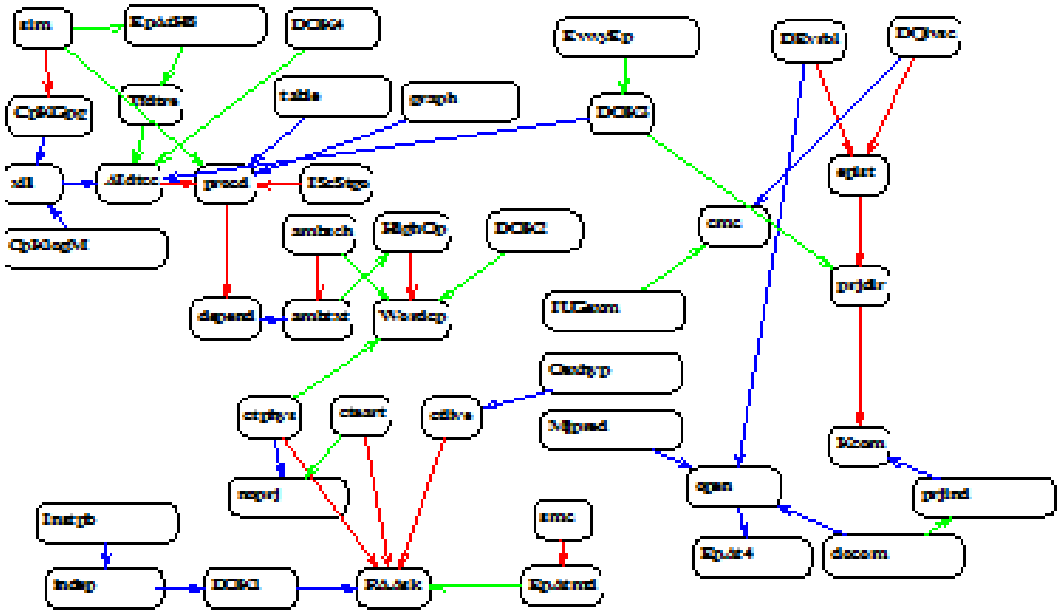
Classification au niveau : 3 : (sim (xill SpvisS5)) cohésion : 1
Groupe optimal : card GO 42
604Q04 648Q01 629Q01 637Q01 608Q04 603Q02 629Q03 519Q01 637Q05 608Q01 603Q01 601Q01 510Q01 608Q03 608Q02 627Q03 629Q02 252Q03 252Q02 252Q01 465Q01 465Q02 637Q02 465Q04 643Q02 615Q02 615Q01 646Q04 643Q01 635Q04 635Q02 643Q04 646Q03 646Q02 646Q01 615Q07 635Q03 635Q05 634Q03 634Q04 634Q02 634Q01
Classification au niveau : 6 : (prjdirKcom) cohésion : 1
Groupe optimal : card GO 37
602Q04 498Q02 646Q02 643Q05 601Q02 638Q04 634Q05 635Q03 634Q04 648Q05 602Q02 521Q06 458Q02 527Q01 646Q01 498Q03 608Q02 646Q05 478Q03 603Q05 466Q07 602Q03 603Q02 601Q01 510Q04 131Q04 629Q04 527Q04 620Q04 626Q03 478Q02 408Q05 478Q01 604Q04 415Q08 627Q04 425Q05
Classification au niveau : 8 : (DQivscepist) cohésion : 1
Groupe optimal : card GO 8

495Q04 638Q04 629Q04 627Q04 415Q07 415Q08 514Q04 466Q07
Classification au niveau : 11 : (DOK3 ((AIdtccprocd) depend)) cohésion : 0.999
Groupe optimal : card GO 49
326Q03 498Q04 268Q01 413Q04 425Q02 413Q05 634Q03 646Q04 519Q01 637Q05 637Q01 648Q03 648Q02 646Q01 603Q01 657Q03 657Q02 602Q04 637Q02 615Q02 634Q02 605Q03 643Q04 643Q02 605Q02 495Q02 326Q01 326Q02 495Q01 465Q01 131Q04 608Q04 635Q04 478Q02 425Q03 648Q01 626Q03 620Q02 495Q03 634Q04 646Q03 498Q02 603Q02 498Q03 524Q06 629Q03 656Q04 408Q05 626Q04
Classification au niveau : 12 : (ambschambtxt) cohésion : 0.999
Groupe optimal : card GO 13
604Q04 524Q07 637Q02 252Q03 648Q01 510Q01 657Q02 416Q01 476Q01 601Q01 510Q04 524Q06 620Q04
Classification au niveau : 16 : (ctphysnoprj) cohésion : 0.993
Groupe optimal : card GO 39
649Q02 629Q01 643Q03 466Q05 437Q04 437Q03 437Q01 495Q01 605Q01 604Q02 601Q04 510Q01 304Q02 269Q04 268Q06 256Q01 327Q01 421Q01 413Q06 413Q05 413Q04 648Q03 645Q03 641Q01 638Q02 649Q01 416Q01 304Q03a 304Q01 649Q04 625Q02 620Q01 608Q03 605Q02 625Q03 638Q01 629Q02 627Q01 626Q01

Classification au niveau : 17 : (DomKS (ctliveRAAsk)) cohésion : 0.986
Groupe optimal : card GO 51
634Q05 635Q03 498Q02 601Q04 524Q07 524Q06 408Q04 326Q04 268Q01 657Q04 408Q05 428Q03 421Q02 413Q04 615Q07 602Q02 326Q01 635Q01 638Q04 610Q04 626Q01 428Q05 408Q03 326Q02 656Q01 607Q01 607Q02 268Q02 603Q04 657Q01 645Q01 268Q06 269Q03 408Q01 645Q04 638Q02 634Q04 610Q02 478Q03 478Q02 527Q01 601Q02 601Q01 458Q01 476Q01 458Q02 634Q03 476Q02 610Q01 478Q01 476Q03
Classification au niveau : 18 : ((DQivscepist) (prjdirKcom)) cohésion : 0.982
Groupe optimal : card GO 39
514Q04 495Q04 635Q03 646Q02 603Q05 478Q01 408Q05 478Q03 601Q02 521Q06 458Q02 498Q03 646Q01 601Q01 498Q02 602Q04 602Q02 602Q03 510Q04 131Q04 425Q05 527Q04 626Q03 634Q04 643Q05 648Q05 646Q05 527Q01 620Q04 634Q05 603Q02 478Q02 604Q04 608Q02 629Q04 638Q04 627Q04 466Q07 415Q08
Classification au niveau : 19 : (Tfdtre (DOK3 ((AIdtccprocd) depend))) cohésion : 0.963
Groupe optimal : card GO 49
268Q01 498Q04 326Q03 634Q03 637Q01 637Q05 425Q02 602Q04 603Q01 657Q02 634Q02 648Q02 615Q02 605Q03 657Q03 637Q02 131Q04 646Q01 643Q04 326Q02 326Q01 605Q02 626Q04 408Q05 634Q04 629Q03 603Q02 498Q02 498Q03 425Q03 608Q04 643Q02 465Q01 519Q01 646Q04 413Q04 413Q05 648Q03 495Q02 495Q01 626Q03 620Q02 478Q02 495Q03 648Q01 635Q04 656Q04 646Q03 524Q06
Classification au niveau : 21 : (clocomprjind) cohésion : 0.949
Groupe optimal : card GO 15
610Q02 615Q07 645Q04 326Q01 326Q02 425Q04 521Q02 131Q02 466Q01 610Q01 421Q02 415Q02 514Q04 519Q01 421Q03
Classification au niveau : 26 : (EpAtH8 (HighOpWordcp)) cohésion : 0.875
Groupe optimal : card GO 39
643Q03 643Q05 625Q01 604Q04 634Q05 601Q04 605Q04 408Q01 524Q07 649Q01 649Q03 649Q04 656Q01 625Q03 510Q01 656Q02 637Q02 638Q04 615Q05 610Q02 608Q01 458Q01 527Q03 458Q02 625Q02 131Q02 131Q04 657Q04 649Q02 527Q01 476Q03 635Q01 634Q02 634Q01 620Q04 514Q04 413Q04 416Q01 601Q01

Annexe 2 :

Graphe implicatif visant à montrer les liens non symétriques qui se forment autour des variables caractérisant les types de connaissances interrogées dans les items. Les abréviations sont celles présentées dans le tableau 1 (section 3 méthodologie).



COMPARISON OF CONTEMPORARY ADVANCED STATISTICAL METHODS REGARDING CONSTRUCT VALIDITY EVALUATION OF TEIQue-SF INSTRUMENT: STATISTICAL IMPLICATIVE ANALYSIS VS. PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS

Sofia ANASTASIADOU[1]

COMPARAISON DE MÉTHODES STATISTIQUES AVANCÉES CONTEMPORAINES CONCERNANT L'ÉVALUATION DE LA VALIDITÉ DE CONSTRUCTION DE L'INSTRUMENT TEIQUE-SF: ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE VS. ANALYSE DES COMPOSANTS PRINCIPAUX

ABSTRACT

There is a substantial development of statistical methods regarding construct validity evaluation of research instruments/ questionnaires; a direct comparison of Statistical Implicative Analysis and Principal Components Analysis has not been carried out. This study analyses two different statistical techniques: the Principal Components Analysis (PCA) and the Statistical Implicative Analysis (SIA). The main objective is to compare patterns derived from PCA and SIA procedures with respect to TEIQue-SF instrument related to the concepts of Emotional Intelligence (EI). A survey was carried out using a structured questionnaire for a sample of 160 pre-service teachers which studied in the School of Pedagogical and Technological Education (ASPETE) from Thessaloniki, Greece. Well-being Self-control, Emotionality, Sociability and General Items of EI subscales are related to TEIQue-SF instrument. These subscales were measured by 30 items, rated on a seven-point Likert format, ranging from 1 (strongly disagree) to 7 (strongly agree). The study focuses on the presentation and comparison of the two main types of statistical methods, SIA and PCA. The application of PCA resulted to data reduction and confirmed the existence of 8 Components, in descending order, regarding the variance of the data. SIA results released a similarity tree, a hierarchy tree and an implicative graph. Implication Intensity was determined the implicative relations between the variables in order of significance. Additionally, the hierarchy tree and implicative diagram showed the direction of such relations. The results from the application of the methods have pointed at their differences and similarities but also their complementarity.

Keyword: Principal Components Analysis, Implicative Statistical Analysis, construct validity evaluation, TEIQue-SF

RÉSUMÉ

Il existe un développement substantiel des méthodes statistiques concernant l'évaluation de la validité conceptuelle des instruments de recherche / questionnaires ; une comparaison directe entre l'analyse statistique implicative et l'analyse en composantes principales n'a pas été réalisée. Cette étude analyse deux techniques statistiques différentes : l'analyse en composantes principales (PCA) et l'analyse statistique implicative (SIA). L'objectif principal est de comparer les modèles dérivés des procédures d'analyse en PCA et SIA en ce qui concerne l'instrument TEIQue-SF lié aux concepts d'intelligence émotionnelle (IE). Une enquête a été menée à l'aide d'un questionnaire structuré auprès d'un échantillon de 160 enseignants en poste à l'école d'enseignement pédagogique et technologique (ASPETE) de

1University of Western Macedonia, sofan@uom.edu.gr

Thessalonique (Grèce). Bien-être, Maîtrise de soi, Émotivité, Sociabilité et Les éléments généraux des sous-échelles de l'assurance-emploi sont liés à l'instrument TEIQue-SF. Ces sous-échelles ont été mesurées à l'aide de 30 items, classés selon un format de Likert en sept points, allant de 1 (totalement en désaccord) à 7 (fortement en accord). L'étude se concentre sur la présentation et la comparaison des deux principaux types de méthodes de classification, l'analyse statistique implicative (SIA) et l'analyse en composantes principales (PCA). L'application de la PCA a entraîné une réduction des données et a confirmé l'existence de 8 composantes en ordre décroissant en ce qui concerne la variance des données. Les résultats SIA ont publié un arbre de similarité, un arbre de hiérarchie et un graphe implicatif. Implication L'intensité de l'implication a été déterminée par ordre d'importance des relations implicatives entre les variables. De plus, l'arborescence hiérarchique et le schéma implicatif montraient la direction de ces relations. Les résultats de l'application des méthodes ont mis en évidence leurs différences et similitudes mais aussi leur complémentarité.

Mots-clés : Analyse en composantes principales, analyse statistique implicative, évaluation de la validité de construction, TEIQue-SF

1 Introduction

The main aim of this paper is to compare patterns derived from Principal PCA and SIA procedures with respect to the validation of the TEIQue-SF instrument related to the concepts of Emotional Intelligence (EI). In order to analyze the data using SIA, a library called RCHIC, available for R is used (Couturier, 2015), as derived from http://members.femto-st.fr/raphael-couturier/en/rchic. A survey was carried out using a structured questionnaire named TEIQue-SF (Stamatopoulou, Galanis, & Prezerakos, 2016) for a sample of 37 male and 123 female pre-service teachers, who studied at the School of Pedagogical and Technological Education (ASPETE) in Thessaloniki, Greece.

2 Data Analysis Techniques

This section is dedicated to the presentation of the two main types of clustering methods: Statistical Implicative Analysis (SIA), and Principal Components Analysis (PCA). *Statistical Implicative Analysis (SIA):* SIA was initiated and developed by Régis Gras to be applied in the Didactic of Mathematics (Gras, 1979). Since Régis Gras' doctoral dissertation, a great deal of research has been published exploring the different paths of theory development (Gras et al., 1997; Gras, & Couturier, 2013; Gras et al., 2004; Gras, et al., 2008; Gras, Regnier, & Guillet, 2009; Gras, Régnier, Marinica, & Guillet, 2013). Consequently, the method has been advanced noticeably and has been applied to a wide range of data, such as mathematics education; psychology; physics, medicine, etc (Nikolaou et al., 2017). According to Couturier (2008) the initial objective of this method is to define an approach that adequately answers the question "if an object has a property, does it also have another one?" While this is seldom accurate, a tendency seems to emerge. SIA aims at highlighting such tendencies in a set of properties. According to Couturier (2008), SIA can be regarded as a method used to generate association rules. Furthermore, it is considered to be a wide theoretical framework, a theory connected with causality due to the fact that it responds to the weakness regarding other multivariate methods, as well as highlighting formal tools and practical methods of data representation, evaluation and interpretation.

It is important to note that, compared to other association rule methods, SIA distinguishes itself by providing a non linear measure that satisfies some important criteria. In order for the implicative association rules to be extracted, the SIA assigns a numerical value between zero and one to rules and one according to following form: If the variable a is observed then it is possible for the variable b to be observed. Consequently, if the variable a gets a specific value, then variable b possibly gets a higher value. The measure assigned is a probability, well known now as intensity of involvement. Consequently, causal and predictive relations are influenced by the intensity of involvement. The principle of determining the intensity of involvement as a probability of a random event is defined as follows: if there was a non a priori asymmetric link between a and b, the number of counterexamples to the rule R, is under the unique effect of chance, usually higher than the number of counterexamples observed in the contingency. Thus, the method rests on implication intensity which measures the degree of astonishment inherent in a rule. For example, the set of items B, then it is legitimate and intuitive to expect that the counter part is and the set of non-B items is strongly associated with the set of non A-items. According to Couturier (2008), the implication intensity may be reinforced by the degree of validity that is based on Shannon's entropy, in case a researcher chooses this comparison approach. The implicative representation of the associations is presented in Figure 1 by a weighted graph without cycle where each edge corresponds to a rule, and in Figure 2 by an ascending hierarchy oriented by meta-rules.

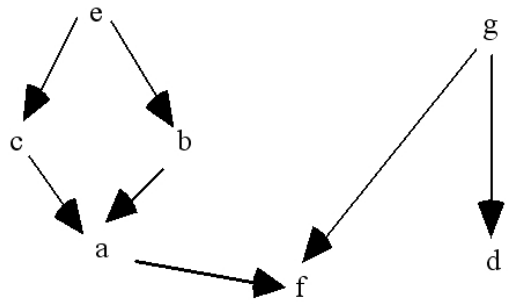


Figure 1

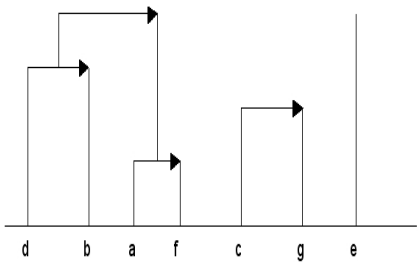


Figure 2

Similarity: a symmetrical analysis, according to the algorithm proposed by I.C. Lerman (Lerman, 1978), is a link which brings practically all items together in a large class, whatever their a priori taxonomic classification may be (Gras & Bodin, 2017). The similarity tree is based on the similarity indexes, defined by Lerman (1981). Similarity indices are used in data analysis to study objects described by binary variables. According to Blanchard (2009), they allow one to assess the likeness between two objects and two variables.

The likelihood index is based on Likelihood Linkage Analysis (LLA) (Lerman, 1981) and it is given by Lerman (1993) in Blanchard (2009) as:

Likelihood Linkage Index of Lerman $P(N_{ab}<n_{ab})$, while the Implication Intensity of Gras (Gras, 1996; Gras & Kuntz, 2008) is given in Blanchard (2009) as: Likelihood Linkage Index of Gras $P(N_{ab^*}>n_{ab^*})$,where the hypothesis tested is Ho: there is independence between a and b, and N_{ab} and N_{ab^*} are random variables for the numbers of examples and counterexamples, n_{ab} being the number of examples and n_{ab^*} the number of counterexamples.

Cohesive hierarchy: It can now be expected that the cohesive hierarchy, always obtained by CHIC Software, which structures successes in groups guided by implication, respects, within them, the presumed taxonomic order.

SIA is used for the analysis of the data. Specifically, the Cohesion tree (Gras et al., 1997) as well as the Similarity tree (widely known as dendrogram) (Lerman, 1981) resulted by CHIC Software (Couturier, 2008).

Principal Component Analysis or PCA is a method for the analysis of multivariate data, and it is considered to constitute a part of factor Analysis.

The principal objectives of PCA are:

Data Reduction. PCA aims to replace highly correlated variables with a small number of correlated variables (Dafermos, 2013).

To detect and establish a structure/model. The goal of PCA is, namely, to accentuate structures or fundamental relations existing between the existing variables (Dafermos, 2013). Moreover, PCA aims to bring to light and assess latent variables, and to detect and assess latent sources of variability and co-variability in observable measurements.

To detect patterns. The goal of PCA is to detect prototype correlations which may potentially determine causality relations between the examined variables (Dafermos, 2013).

PCA is a descriptive or explanatory method and does not rest on conditions. In reality, PCA rests on the spectrum analysis of the variance or correlation matrix. Principal Components Analysis is by far the most widespread pattern recognition tool**.** It is a method for compressing a lot of data into patterns that capture the essence of the original data. Specifically, it is a multivariate statistical analysis often used to reduce the dimension of data for easy exploration. Its objectives include: 1) to reduce the original into a lower number of orthogonal (uncorrelated), synthesized variables; 2) to visualize correlations among and between the original variables and the components, and 3) to visualize proximities among statistical units. Furthermore, PCA is considered to be a change of variable space. It rests on the study of eigenvalues and eigenvectors in the correlations or covariance matrix.

As a multivariate analysis technique for dimension reduction, PCA aims to compress the data without losing much of the information contained in the original data. The process regards explaining the variance-covariance structure of a set of variables through a few new variables. All principal components are specific linear combinations of the p random variables exhibiting three important properties:

1. The principal components are uncorrelated. There are also orthogonal uncorrelated, linear combinations of standardized variables.
2. The first principal component has the highest variance; the second principal component has the second highest variance, and so on.
3. The total variation in all the principal components combined is equal to the total variation in the original variables.

In reality, PCA converts data into a set of linear components and, as it is characteristically alluded by Field (2009), it converts them to measurable ones.

Each component has the form: $Component_i=b_1X_1+ b_2X_2+\ldots. b_nX_n$. It is evident that PCA forecasts components based on measured variables. It is also clear that PCA breaks down the original data to a model of linear variables. PCA brings to light which linear components exist in the data and the manner by which every particular variable contributes to the shaping of each component (Field, 2009).

PCA rests on the overall variance of the variables in descending order. The first Principal Component (PC1) captures the most variance of the data; the second Principal Component (PC2), which is not correlated with PC1, captures the second variance etc (Anastasiadou, 2018).

The number of the components extracted is equal to the original variables and the sum of their variance is the sum of the variance of the original variables.

The sum of the squares of loadings to a principal component signifies the participation of the component to the overall variance of the variables. The value of the sum for each principal component is called eigenvalue. Eigenvalues are presented in descending order and allow for the exclusion of these components that do not interpret a satisfactory percentage of the overall variance, resulting only in components interpreting a satisfactory percentage of the overall variance to be employed for the interpretation of the results. Selected are components whose eigenvalues are equal or greater than one (Kaiser, 1960) or equal or greater than 0.70 (Jolliffe, 1972, 1986).

The following table (Table 1) presents some of the basic differences of the two methods (Anastasiadou, 2018). **Table 1:** Differences of the two methods

SIA	PCA
SIA rests on rules. SIA produces association rules (Couturier, 2015). It is based on a probabilistic model. It highlights tendencies in a set of properties (Couturier, 2008). It generates association rules (Couturier, 2008). It provides a non linear measure (Couturier, 2008), robust to noise (Couturier & Pazmiño, 2015).	PCA does not rest on conditions. It is based on metric space distances (Couturier, 2008). Its patterns are based on correlation between variables. It provides a linear measure. It visualizes correlations among the original variables and between these variables and the components. It visualizes proximities among statistical units. It is a frequently employed statistical technique for unsupervised dimension reduction.
Properties between the variables Relationship between variables is dissymmetrical. The association measures are not linear and are based on probabilities.	Properties between the variables Relationship between variables is symmetrical. The association measures are linear.
	Data Reduction (Dafermos, 2013). Data detection and establishment of a structure/model (Dafermos, 2013). Establishment of latent variables/ conceptual constructs (Anastasiadou, 2018). Detection of latent sources of variability and co-variability in observable measurements (Dafermos, 2013). Detection of patterns (Dafermos, 2013).
Represented by the similarity tree (lerman, 1981). Represented by the implication graph (Gras et al., 1997). Represented by the cohesion graph (Gras et al., 1997).	Represented by factorial plane.

Table 1: Differences of the two methods

3 Instrument

The research instrument is TEIQue-SF, also known as Trait Emotional Intelligence Questionnaire" [Trait Emotional Intelligence Questionnaire-Short Form (TEIQue-SF)], (Stamatopoulou, Galanis, & Prezerakos, 2016). This tool consists of 30 items referring to five different attitude sub-scales, as follows:

Well-being (e.g. W_being1: I generally find life enjoyable, W_being2: I feel that I have a number of good qualities, W_being3: On the whole, I have a shining perspective on most things, W_being4: On the whole, I'm pleased with my life, W_being5: I believe I'm full of personal strengths, W_being6: I generally believe that things will work out fine in my life).

Self-control (e.g. S_cont1: I usually find it difficult to regulate my emotions*, S_cont2: I tend to change my mind frequently, S_cont3: on the whole, I'm able to deal with stress, S_cont4: I'm usually able to find ways to control my emotions when I want to, S_cont5: I tend to get involved in things I later wish I could get out of*, S_cont6: others admire me for being relaxed).

Emotionality (e.g. Emot1: Expressing my emotions with words is not a problem for me, Emot2: I often find it difficult to see things from another person's perspective*, Emot3: Many times, I can't figure out what emotion I'm feeling*, Emot4: Those close to me often complain that I don't treat them right*, Emot5: Many times, I can't figure out what emotion I'm feeling*, Emot6: I'm normally able to "get into someone's shoes" and experience their emotions, Emot7: I often pause and think about my feelings, Emot8: I find it difficult to bond well even with those close to me*).

Sociability (e.g. Soci1: I can deal effectively with people, Soci2: I often find it difficult to stand up for my rights*, Soci3: I'm usually able to influence the way other people feel, Soci4: I would describe myself as a good negotiator, Soci5: I tend to "back down" even if I know I'm right*, Soci6: I don't seem to have any power at all over other people's feelings*).

General items of EI (e.g. G_Item1: On the whole, I'm a highly motivated person, G_Item2: I often find it difficult to adjust my life according to the circumstances*, G_Item3: I normally find it difficult to keep myself motivated*, G_Item4: Generally, I'm able to adapt to new environments).
(all items with * were reversed)

4 Results

The similarity tree: The similarity tree presents groupings of items based on pre-service teachers as captured on the TEIQue-SF instrument. The similarity diagram (Figure 3) presents three distinct similarity groups (Group A, Group B, Group C). The first similarity group (Group A) refers to similarity relations between variables (((S_cont4-S_cont5)(S_cont6-S_cont1)), ((S_cont2-S_cont3) (Soci5 Soci5))) that regard the factor Self-control and part of the factor Sociability, and represent the similar tactic employed by the interviewees to treat and perceive the implicit variable named EI. It comprises of two similarity subgroups: the first one is ((S_cont4-S_cont5)(S_cont6-S_cont1)) and the second one is ((S_cont2-S_cont3) (Soci5 Soci6)). Specifically, similarity is weak between variables (((S_cont4-S_cont5)(S_cont6-S_cont1)), ((S_cont2-S_cont3) (Soci5 Soci5))) (Group A).

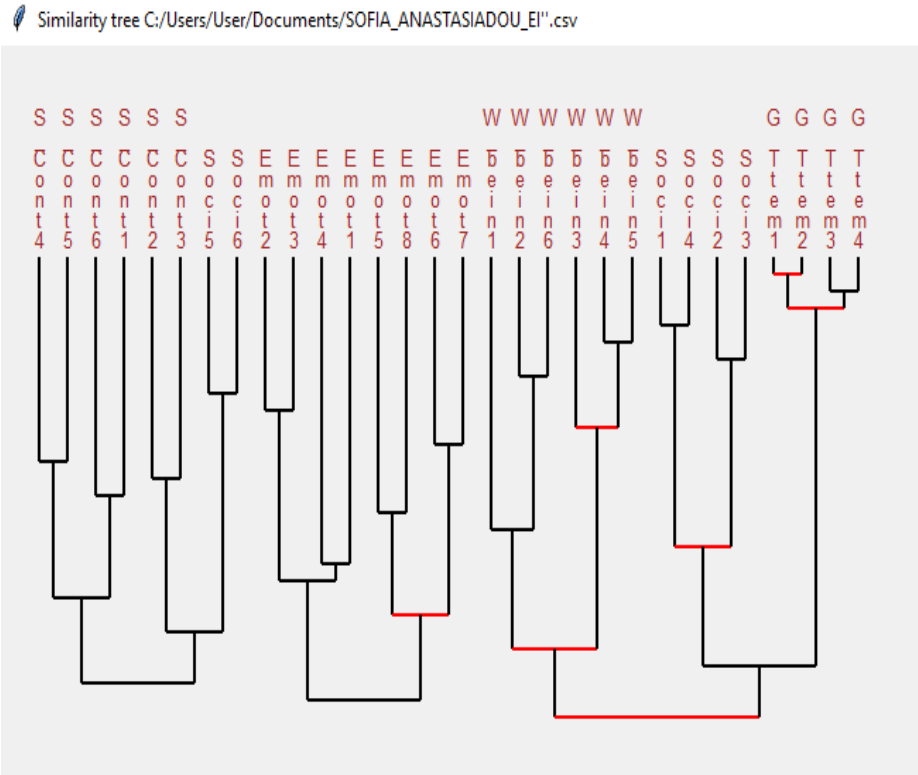


Figure 3: Similarity tree

The second similarity group (Group B) is the one between variables (((Emot2-Emot3),(Emot4- Emot1)) ((Emot5- Emot8), (Emot6- Emot7))). It refers to the possibility respondents clearly respond to the Emotionality conceptual construct. It comprises of two similarity subgroups, the first one being (((Emot2- Emot3), (Emot4- Emot1)) while the second is ((Emot5- Emot8), (Emot6- Emot7))). The similarity between these two subgroups appears to be weak.

The third similarity group (Group C) is the one between variables [((W_being1-(W_being2-W_being6) (W_being3-(W_being4- W_being5)), ((Socio1-Socio4) (Socio2-Socio3)), ((G_Item1- G_Item2) (G_Item3- G_Item4))]. The similarity subgroup [(W_being1-(W_being2-W_being6) (W_being3-(W_being4- W_being5)] refers the conceptual construct known as Well-being. The next similarity subgroup is the one between variables [(Socio1-Socio4), (Socio2-Socio3)], that refer to a part of the conceptual construct named Sociability. The last similarity subgroup is the one between variables [(G_Item1-G_Item2), (G_Item3- G_Item4)] of the last construct, General items of EI.

The Cohesive graph: The Cohesive graph (Figure 4) presents the implicative relations between variables in order of significance. Additionally, the cohesive tree also shows the direction of such relations. From the tree it is observed that the strongest implication is G_Item2=>G_Item1, which is significant. This rule means that interviewee's views according to which they do not find it difficult to adjust their life according to the circumstances (G_Item2) implies their perception that on the whole they are highly motivated individuals (G_Item1). The second strongest rule is G_Item3=>(G_Item2=>G_Item1). This rule means that when the interviewees think that they do not normally find it difficult to keep themselves motivated, while this implies their perception that they easily adjust their life according to the circumstances and that,

on the whole, they are highly motivated. The implication of the whole conceptual contract designated General items of EI G_Item4=>((G_Item3=>(G_Item2=> G_Item1)) is also significant. According to it, individuals able to adapt to new environments implies that they are able to keep themselves motivated easily and to adjust their life according to the circumstances, while, on the whole, they are highly motivated individuals.

The G_Item4=>((G_Item3=>(G_Item2=>G_Item1)) is in a line with the last similarity subgroup of the group C.

Another strong implication is: Soci1=>Soci2. This rule means that if individuals can deal effectively with people (Soci1) this implies that they find it easy to stand up for their rights (Soci2). Moreover a quite strong implication refers to items (Soci1=>Soci2)=>Soci3. This rule means that the previous implication implies that individuals are usually able to influence the way other people feel (Soci3). One more quite strong implication is Soci4=>((Soci1=>Soci2)=>Soci3). It is obvious that when persons would describe themselves as good negotiators, this fact implies their capability of dealing effectively with others, standing up for their rights and influencing other people's feelings. The Soci4=>((Soci1=>Soci2)=>Soci3 is in a line with the second similarity subgroup of group C, but the Cohesive graph also offers other information related to variables/ items regarding the implications rules and the intensity of these rules. All remaining implications could be presented in a same way. All implications in red are significant.

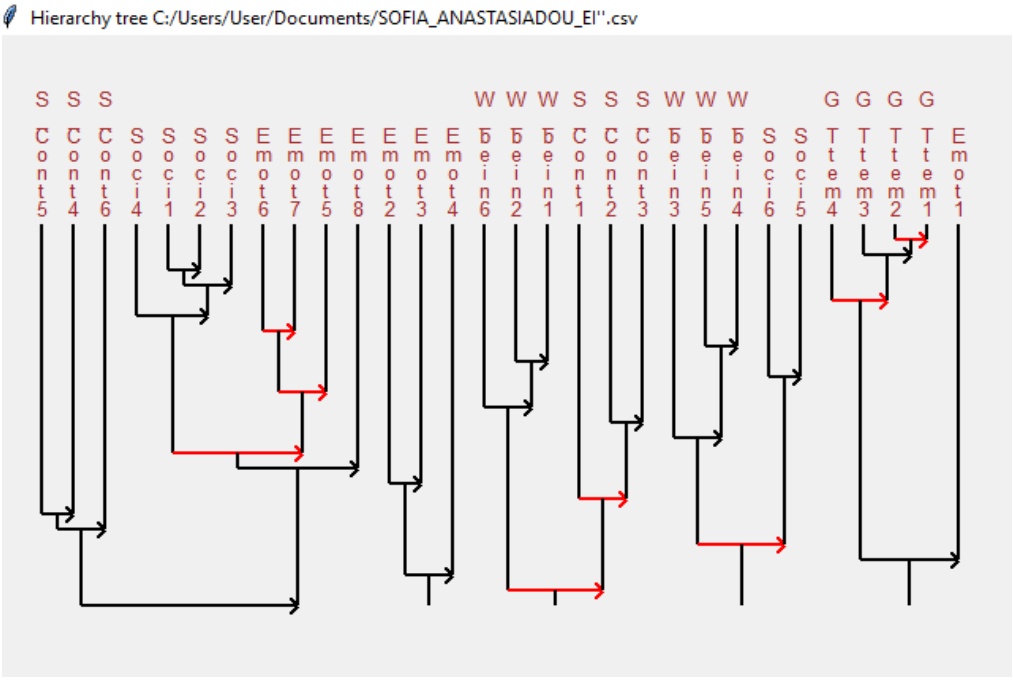


Figure 4: Cohesive graph

Implicative graph: According to Couturier and Pazmiño (2015) the implicative graph shows all implications between the variables/ items, not just the most significant ones. Moreover, it facilitates the display of the confidence for each rule. Couturier and Pazmiño (2015) claimed that confidence represents the conditional probability that corresponds to the percentage of responds that validate the rules. We shall present the Implicative graph from threshold 0.85 to threshold 0.95 is a piecemeal fashion, due to the fact that there are too many links. Figure 5a shows the first part of the Implicative graph. For

example the rule Soci2=>Emot7 which has implication intensity between 0.90 and 0.95 appears in green. Furthermore 95.85% of the pre-service teachers who participated in the study and asserted that they find it easy to stand up for their rights (Soci2) often pause and think about their feelings (Emot7). Another example is the rule Soci4=>Emot6 that has implication intensity between 0.90 and 0.95. 95.78% of the respondents who describe themselves as good negotiators (Soci4) are normally able to “get into someone’s shoes” and experience their emotions (Emot6).

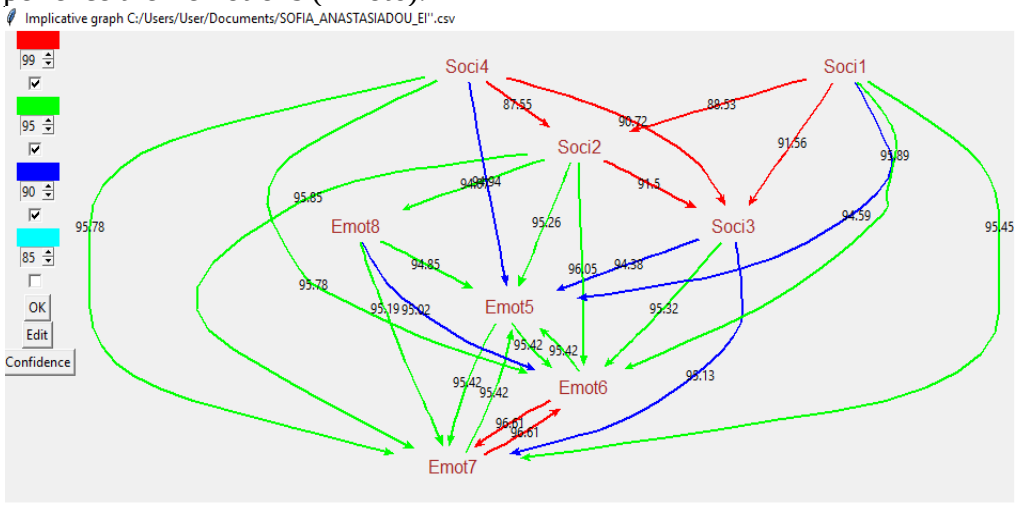


Figure 5a**:** Implicative graph_First part

Figure 5b shows the second part of the Implicative graph. For example the rule W_bein2=>S_ Cont3 which has implication intensity between 0.85 and 0.90 appears in blue. 95.85% of the participants in the study who asserted that they feel that they have a number of good qualities (W_being2) on the whole, claimed that they are able to deal with stress (S_cont3). In addition 90% of the participants with a number of good qualities (W_being2) claimed that they tend to change their mind frequently (S_cont2). Other remarkable implications can be observed in both parts of the Implicative graph, if we had the space and goal to identify and pursue them.

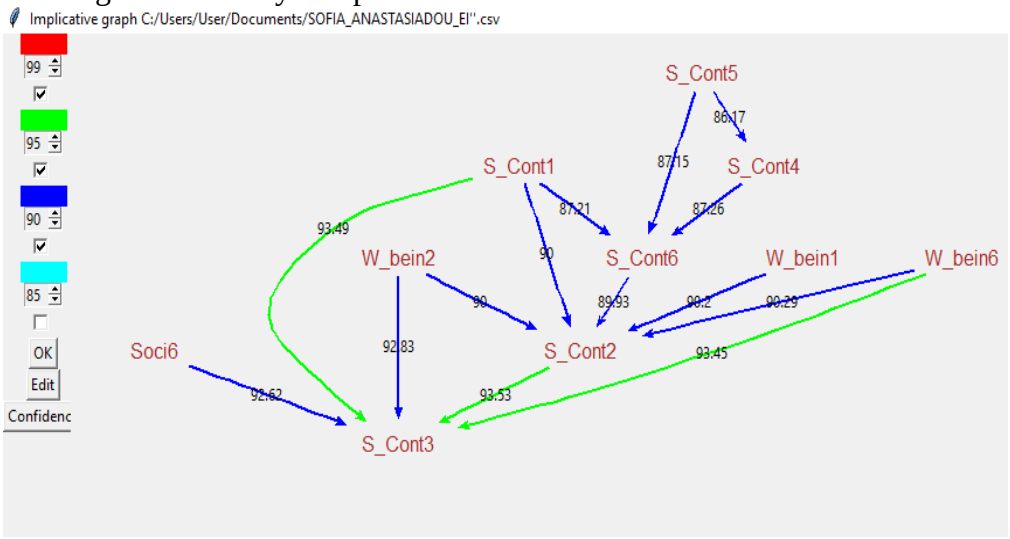


Figure 5b: Implicative graph_Second part

Principal Component Analysis (PCA) results: Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Measure of the Sampling Adequacy and Bartlett's Test of Sphericity, and Measure for the

suitability of the method were tested before we analyzed the factor analysis results (Table 2).

Both the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) factor, equal to 0.747 (and deemed very satisfactory as it exceeds the acceptable value of 0.60) and Bartlett's Test of Sphericity (x^2=2941.287, df=435, p<0.001) have shown that the application of the Principal Component Analysis with varimax rotation method is permitted (Table 2) (Kaiser, 1974).

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,747
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2941,287
	df	435
	Sig.	,000

Table 2: KMO and Bartlett's Test

The application of Principal Component Analysis with varimax rotation for all variables on the basis that the characteristic root or eigenvalue criterion is over one (eigenvalue $^{\geq 1}$), $^{\geq 1}$¿ was verified for 8 Components. These specific factors explained 70.545% of the variance. Similarly, according to the Scree Plot criterion, the steep descending trend of eigenvalues begins after the 8th Principal Component (PC8) (Cattel, 1996). Consequently, the existence of the 8 Components was verified.

The first Principal Component (PC1), with an eigenvalue equal to 6.566, interprets 11.480% of the total variance of data, a percentage deemed satisfactory (Hair, 2005). It gathers values for variables Soci3, Soci2, Soci1 and Soci4 with very high loadings. These gathered values amount to 0.915, 0.897, 0.871 and 0.792 respectively (Table 3).

The Communalities of items Soci3, Soci2, Soci1 and Soci4, take on the values 0.739, 0.913, 0.897, 0.835 and 0.737 respectively, exceeding the 0.40 value criterion posed as the limit for the verification of the satisfactory quality for the variables of the First Component (PC1) (Table 3). The First Component (PC1) is constructed and interpreted by Soci3, Soci2, Soci1 and Soci4. The First Component (PC1) is shown to essentially be part of the conceptual construct, Sociability, constituted by 4 out of 6 items.

The Second Component (PC2) refers to G_Item2, G_Item1, G_Item3 and G_Item4 related to General items of EI. This Component has an eigenvalue of 3.727 and interprets 11.191 % of total data variance. The eigenvalue criterion, eigenvalue over one, verifies that the 4 variables G_Item2, G_Item1, G_Item3 and G_Item4, which exhibit very high loadings 0.910, 0.898, 0.861 and 0.776 correspondingly, are represented by the same conceptual construct (Table 3). The values for the Communalities of G_Item2, G_Item1, G_Item3 and G_Item4 take on prices 0.862, 0.834, 0.777 and 0.692 respectively, and exceed the 0.40 value criterion posed as the verification limit for the satisfactory quality of statements of Second Component (PC2). The Second Component (PC2) is essentially shown to be the conceptual Construct known as General items of EI.

The Third Component (PC3) (Table 3) refers to Emotionality, which is represented by items Emot8, Emot5, Emot6 and Emot7 and exhibit high loadings of 0.823, 0.814, 0.793 and 0.789 respectively, with an eigenvalue of 2.870, that interprets 10.337% of total data variance, a percentage deemed satisfactory (Hair et al., 2005), while falling under it are, in order, the elements Emot8, Emot5, Emot6 and Emot7. The values of the Communalities of Emot8, Emot5, Emot6 and Emot7 take on values 0.738, 0.778, 0.810 and 0.714 respectively, exceeding the 0.40 value criterion posed as the limit for the verification of the satisfactory quality of Third Component (PC3). The Third Component (PC3) is essentially shown to be the part of the conceptual construct Emotionality.

The Fourth Component (PC4) refers to S_Cont3, S_Cont2, S_Cont1, S_Cont5 and S_Cont6 related to Self-control. This Component has an eigenvalue of 2.167 and interprets 9.271% of total data variance. The eigenvalue criterion, eigenvalue over one, verifies that the 6 variables/items S_Cont3, S_Cont2, S_Cont1, S_Cont5, S_Cont6 and S_Cont4 which exhibit very high loadings 0.758, 0.717, 0.646, 0.569, 0.555 and 0.436 correspondingly, are represented by the same conceptual construct known as Self-control (Table 3). The values for the Communalities of S_Cont3, S_Cont2, S_Cont1, S_Cont5, S_Cont6 and S_Cont4 take on values 0.677, 0.658, 0.539, 0.674, 0.640 and 0.595 respectively, and exceed the 0.40 value criterion posed as the verification limit for the satisfactory quality of statements of Fourth Component (PC4).

The Fifth Principal Component (PC5), with an eigenvalue equal to 1.831, interprets 8.961% of the total variance of data, a percentage deemed satisfactory (Hair, 2005), gathers values for variables Emot3, Emot4, Emot2 and Emot1 with very high loadings. These gathered values amount to 0.773, 0.732, 0.711 and 0.438 respectively (Table 3). The values of the Communalities of items Emot3, Emot4 and Emot2, take on values 0.726, 0.628, 0604 exceeding the 0.40 value criterion posed as the limit for the verification of the satisfactory quality for the variables of the Fifth Component (PC5) (Table 3) but Emot1 that takes on a value of 0.3640. The Fifth Component (PC5) is constructed and interpreted by Emot3, Emot4, Emot2 and Emot1. The Fifth Component (PC5) is essentially shown to be the rest part of the conceptual construct Emotionality.

The Sixth Principal Component (PC6), with an eigenvalue equal to 1.730, interprets 6.895% of the total variance of data, a percentage deemed satisfactory (Hair, 2005), gathers values for variables W_bein1, W_bein6 and W_bein2 with very high loadings. These gathered values amount to 0.801, 0.676, and 0.663 respectively (Table 3).

The values of the Communalities of items W_bein1, W_bein6 and W_bein2, take on values 0.724, 0.674, 0634 exceeding the 0.40 value criterion posed as the limit for the verification of the satisfactory quality for the variables of the Sixth Component (PC6) (Table 3). The Sixth Component (PC6) is constructed and interpreted by W_bein1, W_bein6 and W_bein2. The Sixth Component (PC6) is essentially shown to be part of the conceptual construct Well-being.

The Seventh Principal Component (PC7), with an eigenvalue equal to 1.189, interprets 6.676% of the total variance of data, a percentage deemed satisfactory (Hair, 2005), gathers values for variables W_bein4, W_bein3 and W_bein5 with very high loadings. These gathered values amount to 0.819, 0.801, and 0.584 respectively (Table 3). The values of the Communalities of items W_bein4, W_bein3 and W_bein5, take on values 0.736, 0.656, 0486 exceeding the 0.40 value criterion posed as the limit for the verification of the satisfactory quality for the variables of the Seventh Component (PC7) (Table 3). The Seventh Component (PC7) is constructed and interpreted by W_bein4, W_bein3 and W_bein5. The Seventh Component (PC7) is essentially shown to be the rest part of the conceptual construct Well-being.

The Eighth Principal Component (PC8), with an eigenvalue equal to 1.083, interprets 5.734% of the total variance of data, a percentage deemed satisfactory (Hair, 2005), gathers values for variables/items Soci5 and Soci6 with very high loadings. These gathered values amount to 0.802 and 0.799 respectively (Table 3). The values of the Communalities of items Soci5 and Soci6 take on values 0.774 and 0.788 exceeding the 0.40 value criterion posed as the limit for the verification of the satisfactory quality for the variables of the Eighth Component (PC8) (Table 3). The Eighth Component (PC8) is

constructed and interpreted by Soci5 and Soci6. The Eighth Component (PC8) is essentially shown to be the rest part of the conceptual construct Sociability.

Rotated Component Matrix[a]

	Component								
	1	2	3	4	5	6	7	8	Communalities
Soci3	,915								,913
Soci2	,897								,897
Soci1	,871								,835
Soci4	,792								,737
G_Item2		,910							,634
G_Item1		,898							,724
G_Item3		,861							,656
G_Item4		,776							,736
Emot8			,823						,738
Emot5			,814						,778
Emot6			,793						,810
Emot7			,789						,714
S_Cont3				,758					,677
S_Cont2				,717					,658
S_Cont1				,646					,539
S_Cont5				,569					,674
S_Cont6				,555					,640
S_Cont4				,436					,595
Emot3					,773				,726
Emot4					,732				,628
Emot2					,711				,604
Emot1					,438				,364
W_bein1						,801			,724
W_bein6						,676			,674
W_bein2						,663			,634
W_bein4							,819		,736
W_bein3							,801		,656
W_bein5							,584		,486
Soci5								,802	,774
Soci6								,799	,788
% of Variance	11,480	11,191	10,337	9,271	8,961	6,895	6,676	5,734	
Eigenvalues	6,566	3,727	2,870	2,167	1,831	1,730	1,189	1,083	

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 7 iterations.

Table 3: Rotated Component Matrix

5 Conclusion-Discussion

This study evaluates the construct validity of TEIQue-SF instrument well known as Trait Emotional Intelligence Questionnaire [Trait Emotional Intelligence Questionnaire-Short Form (TEIQue-SF)], (Stamatopoulou, Galanis, & Prezerakos, 2016).

The paper presents two different statistical techniques for this purpose: i.e the Principal Components Analysis (PCA) and the Statistical Implicative Analysis (SIA). The main objective is to compare the outcomes derived from Implicative Statistical Analysis (ASI) and Principal Components Analysis (PCA) procedures with respect to EI instrument.

In addition, they showed that the two methods operate complementary, each one accentuating a different dimension for the interpretation of data, the interpretation of which would not have been determinative without the import of statistical Scientists.

Statistical Implicative Analysis (SIA), is connected with Implication Intensity of Gras (Gras, 1996; Gras & Kuntz, 2008). Distinctively, similarity Likelihood Linkage Index of Lerman is connected with Likelihood Linkage Analysis (LLA) (Lerman, 1981). It is based on rules and especially on a probabilistic model. It represents tendencies in a set of properties and generates association rules (Couturier, 2008). SIA measure is assigned as a probability, named Implicative Intensity.

Principal Components Analysis (PCA), is an unsupervised pattern recognition method. It is based on the principal that there is no a priori information about the membership of the sample examined. PCA also falls under this category, since the Principal Components are not known beforehand, but ensues from the application of the method (Anastasiadou, 2018). Principal Components are hierarchically calculated (Field, 2009; Anastasiadou, 2018).

Regarding the data analysis of the present research example connected with construct validity of EI Instrument through Statistical Implicative Analysis (SIA), similarity tree showed that General items of EI, Self-control, Well-being and Emotionality maybe are independent conceptual constructs as they are defined in TEIQue-SF instrument, although its seems that there is a weak similarity between their items. In addition, similarity tree presents an extremely two subgroups of Sociability construct.

Implication Intensity of Gras expressed as Likelihood Linkage Index of Gras or intensity of involvement determined the implicative relations between the variables in order of significance. Additionally, the cohesive tree showed the direction of such relations.

The hierarchy between the items Soci4, Soci1, Soci3, Emot6, Emot7, Emot5, Emot8 reveals an hierarchical structure between items two different conceptual constructs. Items of the construct Sociability imply cohesion (weak or significant) with items of the construct Emotionality (Figure 4).

The hierarchy between the items W_bein6, W_bein2, W_bein1, S_Cont1, S_Cont2, S_Cont3 reveals an hierarchical structure between items two different conceptual constructs known as Well-being and Self-control (Figure 4). Consequently, items of the construct Well-being imply cohesion (weak or significant) with items of the construct Self-control.

The hierarchy between the items W_bein3, W_bein5, W_bein4, Soci6, Soci5 reveals an hierarchical structure between items two different conceptual constructs known as Well-being and Sociability (Figure 4). Therefore, items of the construct Well-being imply cohesion (weak or significant) with items of the construct Sociability.

Finally, the hierarchy between the items G_Item4, G_Item3, G_Item2, G_Item4, Emot1 reveals a hierarchical structure of different conceptual constructs (Figure 4). This hierarchical structure appears between the whole construct named as General items of EI implies cohesion (weak or significant) with an unique item of the construct known as Emotionality.

One can claim that the application of PCA resulted to a data reduction and showed that there are eight Principal Components/ conceptual constructs (Latent Variables) which interpret all of the total variability/information of data, as well as their structure. It is worth noting that the First Principal Component is almost in a line with similarity structure between the all items comprising the constructs.

Conceptual constructs Self-control and General items of EI are defined the same way in the Instrument. Well-being, Emotionality and Sociability are constructs divided into parts.

The First Principal Component is a Latent Variable which emerged from these items based on their loadings. Items Soci3, Soci2, Soci1 and Soci4 gathered values of 0.915, 0.897, 0.871 and 0.792 respectively, thus highlighting items Soci3 and Soci2 as the most significant variables, since the values of the corresponding loadings are over 0.890 (Table 3).

First Principal Component is a Latent Variable comprising of items Soci3, Soci2, Soci1 and Soci4, whose loadings amount to 0.915, 0.897, 0.871 and 0.792 correspondingly, thus highlighting item Soci3 as the most significant variable, since its loading value is higher than 0.910 and it is higher with respect to the values of all loadings in the eight Principal Components (Table 3).

The Second Component (PC2) refers to G_Item2, G_Item1, G_Item3 and G_Item4 related to General items of EI whose loadings amount to 0.910, 0.898, 0.861 and 0.776 correspondingly, highlighting item G_Item2 as the second most significant variable, since its loading value is equal to 0.910 and is higher compared to all of the other values of loadings in the eight Principal Components (Table 3).

The Third Component (PC3) (Table 3) refers to Emotionality, which is represented by items Emot8, Emot5, Emot6 and Emot7 and exhibit high loadings of 0.823, 0.814, 0.793 and 0.789 respectively highlighting items Emot8 and Emot5G_Item2 as its most significant variables.

The Fourth Component (PC4) known as Self-control refers to S_Cont3, S_Cont2, S_Cont1, S_Cont5 and S_Cont6 related to Self-control, which exhibit very high loadings 0.758, 0.717, 0.646, 0.569, 0.555 and 0.436 correspondingly highlighting items S_Cont3 and S_Cont2 as its most significant variables (Table 3).

Additionally, items Emot3 and Emot4 are most significant variables for Fifth Principal Component (PC5), items W_bein1, W_bein6 are most significant variables for Sixth Principal Component (PC6), items W_bein4, W_bein3 are most significant variables for Seventh Principal Component (PC7) (Table 3). Finally, Eighth Principal Component (PC8), is constituted by two unique and significant variables, Soci5 and Soci6.

The results from the application of the methods have illustrated their differences and similarities, but also their complementarity. In summary, one can note that the application of PCA resulted in a data reduction and showed that there are eight Principal Components (Latent Variables) which interpret all of the total variability/information of data and their structure, while the application of SIA results in hierarchy and cohesive structures, based on similarity and Implicative Intensity.

References

[1] Anastasiadou, S. (2018). *Comparison of multivariate methods in group/cluster identification.* Dissertation thesis of the degree of MSc. in Research Methodology in Biomedicine, Biostatistics and Clinical Bioinformatics, Fuculty of Medicine, University of Thessaly.

[2] Blanchard, J., Guillet, F., & Kuntz, P. (2009). Semantics-based classification of rule interestingness measures. Yanchang Zhao, Chengqi Zhang, Longbing Cao. Post-Mining of Association Rules: Techniques for Effective Knowledge Extraction, IGI Global, pp.56-79, 2009. <hal-00420971>.

[3] Couturier, R. (2008). CHIC: Cohensive Hierarchical Implicative Classification. Studies in Computational Intelligence (SCI), pp.41-53. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[4] Couturier, R. & Pazmi $\widetilde{n}$ o, R. (2015). Statistical implicative analysis for educational data sets: 2 analysis with RCHI, XVIII Congreso Internacional EDUTEC "Educación y Tecnología desde una visión Transformadora", pp. 1-11

[5] Dafermos, B. (2013). *Factor Analysis*, Thessaloniki: Ziti.

[6] Field. A. (2009). *Discovering statistic using SPSS*. SAGE Publications India Pvt Ltd.

[7] Gras, R., P. Peter, H. Briand, & J. Philippé. *(1997).* Implicative Statistical Analysis. *In C. Hayashi, N. Ohsumi, N. Yajima, Y.* Tanaka, *H. Bock, Y. Baba (Eds.).* Proceedingsofthe5th Conference of the International Federation of Classication Societies, Volume 2, pp.412-419. Tokyo, Berlin, Heidelberg, New York : Springer-Verlag.

[8] Gras, R., & Bodin, A. (2017). L'A.S.I., Analyseur et révélateur de la complexité cognitive taxonomique. 9ème Colloque International sur Analyse Statistique Implicative, Belfort – France, In Jean-Claude Régnier, Régis Gras, Raphaël Coutourier, Antoine Bodin (edus) pp. 128-142.

[9] Gras, R. (1996). The statistical implication-A new method for data esploration (in french). La Pensse Sauvage, editor.

[10] Gras, R & Kuntz, P. (2008). An overview of the Statitical Implicative Analysis (ASI) development, In Gras, R., Suzuki, E., Guillet, F and Spanolo, F. (2008). Statistical Analysis: Theory and Applications, Studies in Computational Intelligence Volumr No. 127, Berlin & Heidelberg: Springer- Verlag.

[11] Gras, R. (1979). *Contribution étude expérimental et l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs en didactique des mathématiques,* Thèse de doctorat, l'Université de Rennes 1.

[12] Gras, R., & Couturier, R. (2013). Spécificités de l'Analyse Statistique Implicative par rapport à d'autres mesures de qualité de règles d'association. *Educação Matemática Pesquisa, 15*(2).

[13] Gras, R., Couturier, R., Blanchard, J., Briand, H., Kuntz, P., & Peter, P. (2004), Quelques critères pour une mesure de qualité de règles d'association. *Revue des nouvelles technologies de l'information RNTI E-1,* 3-30

[14] Gras, R., Regnier, J. C., & Guillet, F., (2009). *Analyse statistique implicative : Une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités* (p. 510). Cépaduès Editions.

[15] Gras, R., Régnier, J. C., Marinica, C., & Guillet, F., (2013). *L'analyse statistique implicative Méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités*. Cépaduès Editions
[16] Gras R., Suzuki E., Guillet F. and Spagnolo F. (Eds) (2008). *Statistical Implicative Analysis.* Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
[17] Jollife, I. T (1972). Discarding variables in the principal components analysis, I: Artificial data. *Applied Statistics*, 1, 57-93.
[18] Jollife, I. T (1986). *Principal components analysis*, New York: Springer.
[19] Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurements*, 20, 141-151.
[20] Kaiser, H. F. (1974). In order of factorial simplicity, *Psychometrika*, 39, 31-36.
[21] Lerman, I. C. (1981). Classification et Analyse Ordinale des Données, Dunod, Paris.
[22] Lerman, I. C. (1978). Formes d'aptitude et taxinomie d'objectifs en mathematiques. *Revue française de pédagogie*, Vol. 44, pp. 5-53.
[23] Lerman, C. (1993). Likelihood linkage analysis (LLA) classification method: An example treated by hand. Biochimie. Vol. 75, Issue 5, pp.379-397.
[24] Stamatopoulou, M., Galanis, P. & Prezerakos, P. (2016). Psychometric properties of the Greek translation of the trait emotional intelligence questionnaire-short form (TEIQue-SF). Personality & Individual Differences, 95:80-84.

O PROCESSAMENTO DA AVALIAÇÃO PADRONIZADA: ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ITENS DE RESPOSTAS CONSTRUÍDAS POSSIBILITADA PELO SOFTWARE CHIC.

Marcelo Rivelino RODRIGUES[1], Thiago Fernando Ferreira COSTA[2], Lenir Morgado da SILVA[3], Claudio MAROJA, Fábio Oliveira SILVA

LE PROCESSUS DE L'ÉVALUATION NORMALISÉE : ANALYSE DES RÉSULTATS DES ÉLÉMENTS DE PRODUCTION INTÉGRÉE REPOSSIBLES À PARTIR DU LOGICIEL CHIC

THE PROCESSING OF STANDARDIZED EVALUATION: ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE ITEMS OF BUILT-IN REPOSSIBLE FROM THE CHIC SOFTWARE.

RESUMO

A presente pesquisa, aplicada e exploratória, evidencia a releitura dos resultados obtidos em uma avaliação padronizada, a partir do seu tratamento por meio da utilização do software CHIC (do inglês Correspondence & Hierarchical Cluster), sinalizando reflexões acerca do próprio instrumento e dos resultados obtidos, propiciando considerações e encaminhamentos, como a emissão de relatórios pedagógicos, o tratamento dos dados e a reelaboração do próprio instrumento. A pesquisa, realizada a partir de uma avaliação padronizada, como aporte, mostrou que o novo tratamento permite correlacionar os itens de forma a perceber relações significativas e hierárquicas entre eles, sinalizando a possibilidade de elaboração de instrumentos de avaliação que considerem, previamente, relações dessa natureza, permitindo maior assertividade e plausibilidade quanto aos resultados.

Palavras-chave: *CHIC, Avaliação em Larga Escala, Teoria de resposta ao Item.*

RÉSUMÉ

Cette recherche, appliquée et exploratoire, témoigne de la relecture des résultats d'une évaluation standardisée, du traitement à l'utilisation du logiciel CHIC (Correspondance & Hierarchical Cluster), en signalant les réflexions sur l'instrument lui-même et les résultats obtenus, en fournissant des considérations et des références. tels que la fourniture de rapports pédagogiques, le traitement de données et la réélaboration de l'instrument lui-même. La recherche, basée sur une évaluation standardisée, a montré que le nouveau traitement permettait de corréler les éléments pour percevoir des relations significatives et hiérarchisées entre eux, indiquant la possibilité d'élaborer des instruments d'évaluation prenant en compte ces relations auparavant. , permettant une plus grande assurance et une vraisemblance par rapport aux résultats.

Mots-clés : *CHIC, Evaluation à grande échelle, Théorie de la réponse des items.*

ABSTRACT

The present research, applied and exploratory, evidences the re-reading of the results obtained in a standardized evaluation, from its treatment through the use of the CHIC (Correspondence & Hierarchical Cluster) software, signaling reflections about the instrument itself and the results obtained , providing considerations and referrals, such as the issuance

[1] Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, Brasil, marcelo.rivelino@sme.prefeitura.sp.gov.br
[2] Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, Brasil, thiagocosta@sme.prefeitura.sp.gov.br
[3] Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, Brasil, lenirmsilva@sme.prefeitura.sp.gov.br

of pedagogical reports, data processing and the re-elaboration of the instrument itself. The research, carried out based on a standardized evaluation, as a contribution, showed that the new treatment allows correlating the items in order to perceive significant and hierarchical relations between them, signaling the possibility of elaboration of evaluation instruments that previously consider relationships of this nature, allowing greater assertiveness and plausibility regarding results

Keywords: *CHIC, Large Scale Evaluation, Item Response Theory.*

1 Introdução

A avaliação de sistemas é realizada, há tempos, por inúmeras esferas, devido às contribuições que dá no que diz respeito ao encaminhamento de ações que visam à melhoria da qualidade do ensino, considerando que os resultados ou impactos obtidos com a avaliação externa não devem ser o único fator a ser examinado durante a avaliação de um programa, projeto, ou de qualquer outro objeto de avaliação que ocorre na escola (NEVO, 1997). A avaliação de sistemas precisa ser eficaz em nível de instrumento, de processamento e geração de dados, bem como de comunicação à escola, para que possam ser feitos encaminhamentos negociados, autênticos e consistentes (ALAVARSE, 2013). Para que esse instrumento de avaliação seja de fato eficaz, seu processamento deve contar com rigor estatístico, seguindo padrões de qualidade. Um novo tratamento, no entanto, pode nos levar a outras reflexões sobre o aprimoramento do instrumento e sobre a correlação de seus resultados. Para tecer essas reflexões, foi realizado o tratamento por meio do software CHIC, escolhido por permitir extrair, de um conjunto de dados e por meio do cruzamento de atributos, regras de associação entre variáveis, bem como fornecer um índice de qualidade de associação e representar uma estruturação das variáveis por meio dessas regras de associação. Esse tratamento permite obter classificação hierárquica entre dados e suas correlações, propiciando uma releitura dos resultados. Para a realização do novo tratamento, foram utilizadas a Provinha São Paulo, edições 2017 e 2018, concebida, elaborada e aplicada pela Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, cujos resultados mostraram a eficácia do instrumento para avaliar a alfabetização matemática de estudantes do segundo ano do Ensino Fundamental. O processamento desse instrumento teve alto rigor estatístico, baseado em padrões estabelecidos internacionalmente, o que conferiu validade ao instrumento. A Provinha e seus resultados foram objeto de pesquisa, que evidenciou a necessidade de apresentar preciosa cautela e dedicação na elaboração e execução de todas as etapas da avaliação, notadamente na elaboração do instrumento, na realização de pré-teste e em sua análise.

O objetivo principal da Provinha São Paulo consistiu em diagnosticar os níveis de alfabetização em Matemática, dos estudantes, após um ano de estudo. Sua aplicação forneceu informações que podem contribuir com esse processo, e a pesquisa teceu reflexões sobre intervenções e sobre o próprio instrumento. Essa prova foi aplicada a todos os estudantes do 2º ano do Ensino Fundamental, da Rede Municipal de Ensino de São Paulo, em 2017 e em 2018, em caráter censitário, e se configurou como uma avaliação de segunda geração (BONAMINO; SOUZA, 2012). Os resultados foram divulgados às unidades escolares, sem ranqueamento ou bonificação, com o intuito de levar à reflexão sobre os resultados. A matriz de referência foi a mesma matriz de referência da Provinha Brasil. Diferentemente dessa provinha, no entanto, a Provinha São Paulo não foi constituída apenas por itens dicotômicos (questões de múltipla escolha), mas também por itens de resposta construída (itens abertos, que seriam, para fins de

processamento, considerados politômicos dicotomizados). Foi levado em consideração que uma avaliação com itens abertos deveria ser cautelosamente elaborada e processada, para garantir validade, confiabilidade, comparabilidade e justiça, uma vez que avaliação com itens abertos tem sido uma área problemática desde a década de 1920 (TOFFOLI et al. 2016).

2 Metodologia

Foram realizados dois tratamentos diferentes na Provinha São Paulo. O primeiro, pela Teoria de Resposta ao Item, e o segundo, que se deu a partir dos resultados do primeiro, foi feito pelo uso do software CHIC. Foram analisados os resultados e feitas algumas problematizações para a construção de novos instrumentos e emissão de resultados.

Foi feita a aplicação de pré-teste, da Provinha, em duas versões do instrumento, cada uma composta por 15 itens de múltipla escolha e 5 de resposta construída. Não foram considerados os 5 itens da Prova São Paulo, do 3º Ano, para compor o pré-teste. Eles foram utilizados somente no instrumento final, para fins de processamento, por serem já calibrados. O instrumento final foi composto, portanto, por 25 itens. Posteriormente foi elaborado o Guia de Aplicação do Pré-teste da Provinha São Paulo e o Guia de Correção, tanto das questões de múltipla escolha como das questões de resposta construída.

Teoria de Reposta ao Item (TRI)

A Teoria de Resposta ao Item (TRI) surge como um avanço para as medidas psicométricas, mais especificamente para as avaliações educacionais. Esse avanço se dá em relação a Teoria Clássica dos Testes (TCT) ou das Medidas (TCM), que por sua vez se limitam em analisar o escore bruto do respondente no teste, sem estabelecer uma relação direta entre a escala das medidas dos itens e a escala das medidas dos respondentes. Em vista disso, Andrade, Tavares e Valle (2000, p. 03) salientam que :

> [...] os resultados encontrados dependem do particular conjunto de itens (questões) que compõem o instrumento de medida, ou seja, as análises e interpretações estão sempre associadas à prova como um todo, o que é a característica principal da Teoria Clássica das Medidas. Assim, torna-se inviável a comparação entre indivíduos que não foram submetidos às mesmas provas, ou pelo menos, ao que se denomina de formas paralelas de testes.

Por conseguinte, a TRI traz na sua essência a possibilidade de se apresentar itens e respondentes na mesma escala de medida, algo que desencadeia expectação em relação à composição de uma escala de proficiência, como também da interpretação pedagógica dessa mesma escala. Sem embargo ao avanço que o exposto aduz, existe a necessidade de se tomar cuidados para que o esperado com a utilização da TRI ocorra, pois essa vantagem sobre a TCT, segundo Andrade, Tavares e Valle (2000, p. 3) é:

> [...] que ela permite a comparação entre populações, desde que submetidas a provas que tenham alguns itens comuns, ou ainda, a comparação entre indivíduos da mesma população que tenham sido submetidos a provas totalmente diferentes. Isto porque uma das

> principais características da TRI é que ela tem como elementos centrais os itens, e não a prova como um todo.

De toda maneira, os acréscimos são inúmeros, logo, se torna importante definir os pontos cruciais dessa teoria, sem a pretensão de dar cabo da vasta bibliografia existente, como também, de todos os procedimentos pertencentes à mesma.

- Alguns conceitos importantes sobre a TRI

A Teoria de Resposta ao Item é um conjunto de modelos matemáticos que buscam representar a probabilidade de um respondente em acertar um item, dado o sua quantidade relativa ao "traço latente" ou "proficiência em face ao que se está perguntando. Para Andrade, Tavares e Valle (2000, p. 7) existem três fatores fundamentais que os modelos dependem, são eles:

(i) da natureza do item — dicotômicos ou não dicotômicos;
(ii) do número de populações envolvidas — apenas uma ou mais de uma;
(iii) e da quantidade de traços latentes que está sendo medida — apenas um ou mais de um.

É frequente o uso dos modelos logísticos unidimensionais para itens dicotômicos ou "dicotomizados" (que foram corrigidos como certo ou errado), se diferenciam pelo número de parâmetros que cada modelo tem, dessa maneira, existem os modelos logísticos de 1, 2 e 3 parâmetros, o que conforme Andrade, Tavares e Valle (2000, p. 9) podemos definir, respectivamente, como:

(i) somente a dificuldade do item;
(ii) a dificuldade e a discriminação;
(iii) a dificuldade, a discriminação e a probabilidade de resposta correta dada por indivíduos de baixa habilidade.

No Brasil, após a introdução, em meados da década de 1990, da TRI nas análises das avaliações nacionais, o modelo logístico de 3 parâmetros ficou sendo o mais utilizado nesse seguimento. Outro modelo que é amplamente utilizado, quiçá, não seja o mais utilizados de todos, é o modelo de resposta gradual, criado por Samejima em 1969.

Esse modelo assume que as categorias podem ser ordenadas entre si, como também, ir além do que simplesmente estabelecer uma alternativa correta ou incorreta para o item, mas sim, obter mais informações sobre a resposta do estudante.

- Modelo Logístico unidimensional de 3 parâmetros (ML3)

O ML3 é definido por:

$$P\left(U_{ij}=1\middle|\theta_j\right)= c_i + (1-c_i)\frac{1}{1+e^{-Da_i(\theta_j-b_i)}},$$

com i = 1, 2,..., I, e j = 1, 2, ..., n, onde:

U_{ij} = variável dicotômica que assume os valores 1, quando o respondente j responde corretamente ao item i, e 0 quando o respondente j responde incorretamente ao item i.

$\theta_j =$ representa o traço latente (habilidade) do j-ésimo estudante.

$P(U_{ij} = 1|\theta_j) =$ probabilidade do j-ésimo estudante responder corretamente um item i, dado o seu traço latente.

$c_i =$ parâmetro que representa a probabilidade de um estudante j com valor baixo de traço latente responder corretamente um item i, usualmente considerada como "acerto ao acaso".

$a_i =$ parâmetro que representa a discriminação (ou inclinação) do item, em relação a Curva Característica do Item no ponto b_i.

$b_i =$ parâmetro que representa a "dificuldade" do item medido na mesma escala do traço latente.

$D =$ fator de escala constante e igual a 1. Utilizasse 1,7 quando se quer que a função logística forneça valores semelhantes a função da ogiva normal.

O modelo proposto representa as probabilidades de estudantes responderem corretamente um determinado item, essa relação é evidenciada graficamente pela Curva Característica do Item (CCI), como pode ser observado no Gráfico 1.

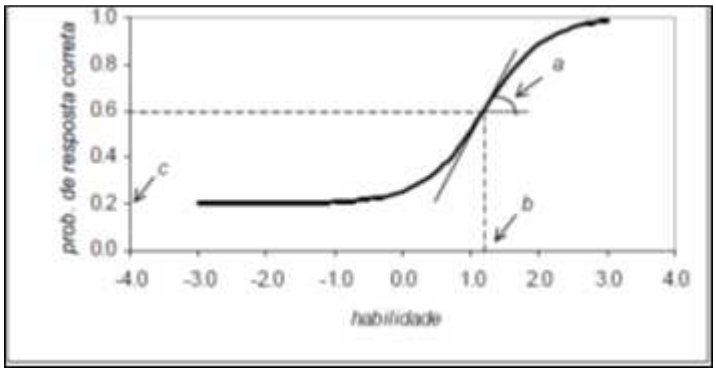


Gráfico 1 – Curva Característica de um Item – CCI - Adaptado: Andrade, Tavares e Valle (2000)

As Curvas Características dos Itens (CCI) são a melhor representação do princípio que rege os modelos da TRI, segundo Muniz (1997, p. 19), "os modelos da TRI assumem que existe uma relação funcional entre os valores da variável que mede os itens e a probabilidade de acertar estes, denominando a função CCI." Em outras palavras, a probabilidade de respondentes acertarem um item está intrinsecamente ligada a medida de seus "traços latentes".

A escala do traço latente (proficiência) é arbitrária, onde, segundo Andrade, Tavares e Valle (2000, p. 10), "o importante são as relações de ordem existentes entre seus pontos e não necessariamente sua magnitude". O parâmetro "b" utiliza a mesma unidade de medida do traço latente, na realidade o "b" é análogo a própria medida do traço latente, uma vez que o mesmo representa o quanto de "habilidade" o estudante precisa para ter maior probabilidade de acertar um item, dessa maneira, quanto maior o parâmetro "b" mais difícil é considerado o item e o inverso também é verdadeiro.

O parâmetro "c" não depende da escala do traço latente, já que é uma probabilidade e seu valor pode variar somente entre 0 e 1. Esse parâmetro por diversas é relacionado com o representante do "chute" em um item, contudo, não é desse modo que se deve interpretá-lo, pois o que é equivalido ao parâmetro "c" é a probabilidade de um estudante com baixa medida do traço latente acertar um item.

Já o parâmetro “a” representa a discriminação de um item, isto é, o quanto um item consegue separar os estudantes que acertam ou erram o item. Andrade, Tavares e Valle (2000, p. 11) definem o parâmetro a como sendo

> [...] proporcional à derivada da tangente da curva n o ponto de inflexão. Assim, itens com “a” negativo não são esperados sob esse modelo, uma vez que indicariam que a probabilidade de responder corretamente o item diminui com o aumento da habilidade.
> Portanto, com o exposto acima, fica clara a importância dos parâmetros na Teoria de Resposta ao Item, como, também, da qualidade dos itens e da criteriosa elaboração dos mesmos, que por sua vez, deve ser feita por profissionais com experiência na área, pois a “perda” de itens nos procedimentos de pré-teste é elevada quando não se tem uma equipe qualificada para tal.

- Modelo de resposta gradual

O Modelo de resposta gradual é definido por:

$$P_{i,k}^{+}(\theta_j) = \frac{1}{1 + e^{-Da_i(\theta_j - b_{i,k})}},$$

com i = 1, 2,..., I, e j = 1, 2, ..., n e k = 1, 2, ..., m_i onde:

$b_{i,k}$ é o parâmetro de dificuldade da k-ésima categoria do item i.

Para Andrade, Tavares e Valle (2000, p. 19),

[...] no caso de modelos para itens não dicotômicos, a discriminação de uma categoria específica de resposta depende tanto do parâmetro de inclinação, comum a todas as categorias do item, quanto da distância das categorias de dificuldades adjacentes.

Essa variação do parâmetro “b” por conta das diferentes categorias, modifica completamente a “Curva Característica do Item”, ao invés de ter-se uma curva para a resposta considerada a mais correta, a CCI dos itens no modelo de resposta gradual terá uma curva para cada categoria, conforme gráfico abaixo.

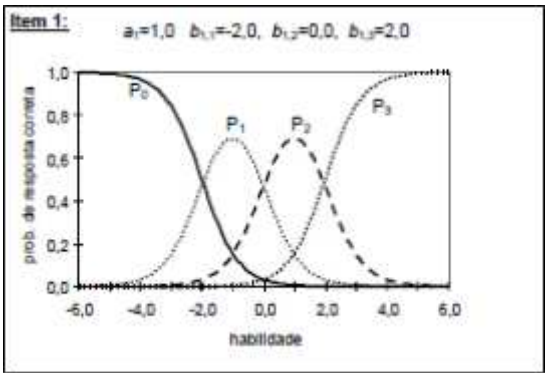


Gráfico **2 –** Curva Característica de um Item – CCI* *Adaptado: Andrade, Tavares e Valle (2000)

É possível observar que as curvas se distribuem ao longo de toda a escala, tendo em determinado valor da escala de habilidade o ponto de máximo de cada uma das curvas.

3 Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesitiva

Nos procedimentos metodológicos optamos pela análise de dados multidimensionais, aplicando-se análise implicativa e coesitiva às respostas dos estudantes, utilizando o software de Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesitiva (CHIC), que gerou grafos de coesão e de implicação das relações entre as variáveis identificadas na Provinha São Paulo edições 2017 e 2018.

Desenvolvido pelo grupo de pesquisa liderado por Régis Gras, este software permite revelar o processo dos comportamentos dos sujeitos a partir da elaboração de gráficos coesitivos, implicativos e de similaridade, possibilitando-nos analisar e classificar os dados de forma multidimensional.

Para Almouloud, o software CHIC permite:

> Tratar diferentes tipos de variáveis (binárias, modais, frequências, intervalares); quantificar a significação dos valores atribuídos à qualidade, consistência da regra associada, classes ordenadas de regras, a tipicalidades e contribuição de sujeitos ou categorias de sujeitos à constituição destas regras; representar, por um gráfico, tendo fixado um nível de confiança, um caminho de regras ou uma hierarquia de regras sobre regras; suprimir, acrescentar variáveis, conforme a necessidade da pesquisa (ALMOULOUD, 2015, p. 56).

O software CHIC permite a visualização de semelhanças entre as classes de variáveis mapeadas. Essas variáveis são identificadas como principais e secundárias ou suplementares. As variáveis principais são aquelas que o software CHIC irá considerar na construção das classes. Segundo Almouloud:

Qualificamos uma variável de principal quando for necessária, normalmente pelo CHIC, para a construção das classes. Como padrão para o software todas as variáveis são principais. (ALMOULOUD, 2015, p. 44).

Desta forma, buscaremos produzir agrupamentos que serão analisados a partir da intensidade das relações estabelecidas, possibilitando, desta forma, a elaboração dos níveis de proficiência dos estudantes do 2º ano do Ensino Fundamental.

O software CHIC tem por funções essenciais, conforme Almouloud:

> Extrair de um conjunto de dados, cruzando sujeitos e variáveis (ou atributos), regras de associação entre variáveis, fornece um índice de qualidade de associação e de representar uma estruturação por meio destas regras. Ele já se configura, por intermédio de métodos estatísticos nele implementados, como um instrumento importante para a pesquisa em diversos campos, mais especificamente em educação matemática, assim como para a formação (ALMOULOUD, 2015, p. 76).

4 Guia de correção

A Provinha São Paulo foi constituída por itens dicotômicos e por itens de resposta construída, considerando que uma avaliação com itens de respostas construídas deve ser criteriosamente elaborada e processada, para desta forma '...garantir validade,

confiabilidade, comparabilidade e justiça, uma vez que avaliação com itens abertos tem sido uma área problemática desde a década de 1920' (TOFFOLI et al. 2016).

Para a Provainha São Paulo 2017 foi elaborado um guia de correção para os itens de respostas construídas. Na edição de 2107 a correção desses ficou a cargo dos professores(as) das próprias turmas as quais a prova foi aplicada. Já na edição de 2018 a correção desses itens ficoui sobre a responsabilidade de uma empresa contratada especificamente para a elaboração, aplicação, correção e tratamento da Provinha São Paulo.

Buscou-se a padronização na correção dos itens de respostas construídas disponibilizando o guia de correção, que foi utilizado na Provinha São nas edições de 2017 e 2018.

Nível	Alternativa	Campo Aditivo	Campo Multiplicativo
1	A	Não explicita habilidade de leitura e de resolução de problema do campo aditivo, que envolve a ideia de transformação negativa de um estado inicial (no caso a ideia de tirar, que é uma das ideias da subtração), bem como números naturais da ordem das dezenas. Não apresenta nenhum tipo de cálculo escrito ou desenho e esquema de representação que sugere compreensão da situação apresentada no problema.	Não explicita habilidade de leitura e de resolução de problema do campo multiplicativo, que envolve a ideia de proporcionalidade, bem como números naturais da ordem das unidades e das dezenas. Não apresenta nenhum tipo de cálculo escrito ou desenho e esquema de representação que sugere compreensão da situação apresentada no problema.
2	B	Não explicita habilidade de leitura e/ou de resolução de problema do campo aditivo, que envolve a ideia de transformação negativa de um estado inicial (no caso a ideia de tirar, que é uma das ideias da subtração), bem como números naturais da ordem das dezenas. Nesse caso pode ser que compreenda o problema, mas não apresente uma estratégia eficiente de resolução. Realiza uma operação de modo ineficaz para resolver o problema, por meio de cálculo escrito, desenho ou outro esquema de representação (outra operação que não seja a adição).	Não explicita habilidade de leitura e/ou de resolução de problema do campo multiplicativo, que envolve a ideia de proporcionalidade, bem como números naturais da ordem das unidades e das dezenas. Nesse caso pode ser que compreenda o problema, mas não apresente uma estratégia eficiente de resolução. Realiza uma operação de modo ineficaz para resolver o problema, por meio de cálculo escrito, desenho ou outro esquema de representação (outra operação que não seja a adição).
3	C	Explicita habilidade de leitura de problema do campo aditivo, que envolve a ideia de transformação negativa de um estado inicial (no caso a ideia de tirar, que é uma das ideias da subtração), e apresenta estratégias coerentes de resolução, sem, contudo, chegar ao resultado correto. Indica corretamente uma operação matemática que resolve o problema, mas resolve a operação de forma incorreta, obtendo um resultado que não é resposta final do problema.	Explicita habilidade de leitura de problema do campo multiplicativo, que envolve a ideia de proporcionalidade e apresenta estratégias coerentes de resolução, sem, contudo, chegar ao resultado correto. Indica corretamente uma operação matemática que resolve o problema, mas resolve a operação de forma incorreta, obtendo um resultado que não é resposta final do problema.
4	D	Explicita habilidade de leitura e resolução de problema do campo aditivo que envolve a ideia de transformação negativa de um estado inicial	Explicita habilidade de leitura e resolução de problema do campo multiplicativo que envolve a ideia de proporcionalidade,

		(no caso a ideia de tirar, que é uma das ideias da subtração), bem como números naturais da ordem das dezenas. Identifica a ideia de tirar, presente em problemas do campo aditivo, e realiza uma operação que leva à solução, por meio de cálculos escritos (convencionais ou não), desenhos e outros esquemas de representação.	bem como números naturais da ordem das unidades e das dezenas. Identifica a ideia de proporcionalidade, presente em problemas do campo multiplicativo, e realiza uma operação que leva à solução, por meio de cálculos escritos (convencionais ou não), desenhos e outros esquemas de representação.
E	-	Sem caracterização	- Sem caracterização

Quadro 1 : Guia de correção Dados : Provinha São Paulo 2017

Em relação aos itens de respostas cosntuídas, ocorreu uma mudança na numeração utilizada em 2017 para a edição de 2018, isto se deu pelo acréscimo de um item. Este detalhe será observado nos grafos im plicativos e nas árvores de similiridae e coesitiva. Entretanto, essa mudança de numeração não impossibilitou a comparação, uma vez que basta seguir a relação de uma posição a mais da edição de 2017 para a edição 2018. Por exemplo, o item número 22 na edição de 2017 passa a ser idfentificado como item 23 na edição de 2018.

A seguir apresentamos os itens de respostas construídas da Provinha São Paulo edições 2017 e 2018.

Número do item		**Descritor**	**Item**
2017	2018		
22	23	D 2.1 Resolver problemas que demandam as ações de juntar, separar, acrescentar e retirar quantidades.	Antônio fez uma doação de material escolar para a escola de seu filho. Ele doou 25 livros e 42 lápis. No total, quantos materiais escolares antônio doou?
23	24	D 2.1 Resolver problemas que demandam as ações de juntar, separar, acrescentar e retirar quantidades.	Havia 30 canetas em um pote. Laura pegou 23 canetas. Quantas canetas ficaram no pote?
24	25	D 3.1 Resolver problemas que envolvam as ideias da multiplicação.	Um par de tênis é formado por dois tênis. Quantos tênis há em 6 pares de tênis?
25	26	D 3.2 Resolver problemas que envolvam as ideias da divisão.	Dona Ana colheu 20 flores do jardim de sua casa e as dividiu igualmente em 4 vasos. Quantas flores colocou em cada vaso?

Quadro 2 : Itens de respostas construídas Dados : Provinha São Paulo

5 Resultados e discussão

O tratamento seguinte, utilizando o software CHIC, conforme amostra de análises apresentadas ao final desse texto, mostraram correlações entre itens e de hierarquia entre eles. O estudo desses e outros resultados apontaram para a possibilidade de elaborar um instrumento considerando, previamente, resultados condicionados a outros, por meio do acerto ou erro, para cada item. A análise problematizou, também, uma quantidade de itens relacionada a essas correlações, e possíveis previsões de probabilidade de acertos a um item dado que houve acerto/erro em outro, ou seja, a possibilidade de aferir com maior assertividade os conhecimentos do estudante a partir das correlações, como acontece em um teste adaptativo informatizado (TAI), por exemplo, que permite a proposição de

tarefas mais adequadas à aprendizagem dos sujeitos, e minimiza os problemas de provas lineares (ALAVARSE, O. M & CATALANI, E. M. T., 2015).

Neste estudo, escolhemos realizar apenas as análises coesitiva e implicativa das correções efetuadas por dois grupos distintos:

Edição de 2017: os próprios professores (as) das turmas participantes ; e

Edição 2018: empresa contratada para corrigir as provas que foram aplicadas.

Grafos Implicativos

Em termos gerais, a análise implicativa trata de procurar um modelo estatístico de uma quase implicação do tipo: " Se **a** então provavelmente quase **b**".
Conforme Almouloud:

> O estudo continua sendo feito sobre o cruzamento de um conjunto de variáveis V e um conjunto de sujeitos E. No caso prototípico das variáveis binárias, queremos das um sentido estatístico a expressões como: "quando se observa sobre um sujeito E a variável **a**, em geral observa-se a variável **b**". Trata-se então de procurar um modelo estatístico de uma quase implicação do tipo: " se **a** então quase **b**", a implicação lógica estrita sendo raramente satisfeita. Em situações naturais, humanas ou ciências da vida, **a implica b** (no sentido matemático) é estabelecida em casos excepcionais. É importante para o pesquisador e usuário "explorar os dados" para destacar regras consistentes (tipo de "teoremas parciais") para conjeturar em gênese, descrever (relações, concepções, ...), estruturar a população e fazer uma hipótese sobre uma possível estabilidade de relações. Mas, esta exploração exige a elaboração (ou uso) de métodos para livrar o pesquisador do EMPIRISMO e do "ACHISMO" (ALMOULOUD, 2015, p. 47).

O software de Classificação Hierárquica Implicativa e Coesitiva (CHIC) permite analisar por meio de grafos que indiquem a probabilidade de determinadas relações ocorrerem além de nos apresentar os riscos das tipicalidades de diversos cruzamentos dos dados coletados, para que possamos determinar com uma margem aceitável a existência ou não de uma relação entre os dados coletados.

A seguir apresentamos o Grafo Implicativo (Figura 1) das correções dos itens de respostas construídas da Provinha São Paulo 2017.

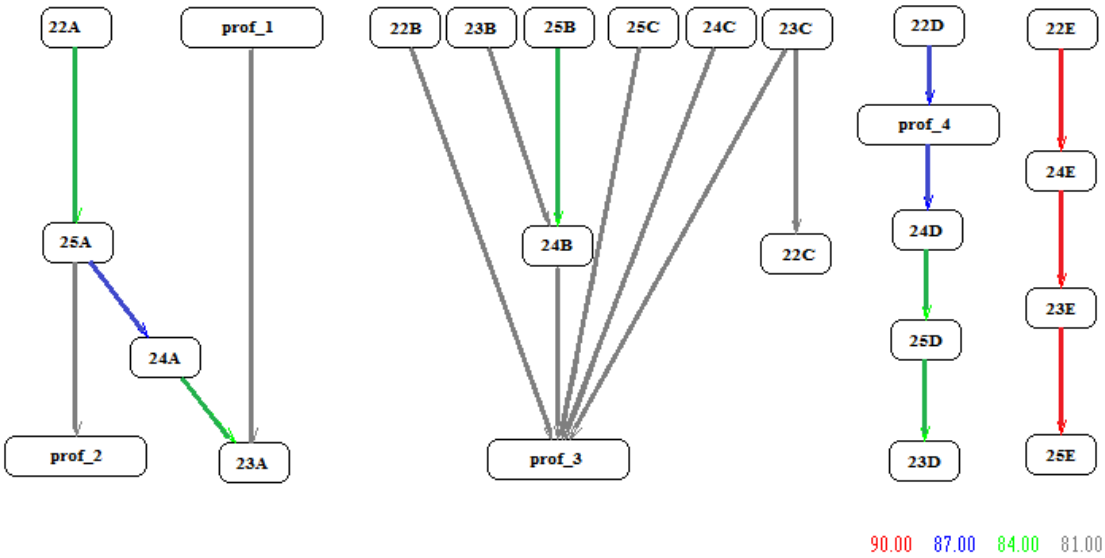


Figura 1 : Grafo Implicativo : Provinha São Paulo 2017

Podemos conjecturar que no caso do Grafo Implicativo da correção dos itens de respostas construídas da Provinha São Paulo 2017, aparece traços do efeito Halo, uma vez que o corretor, no caso o próprio professor (a) da turma avaliada, julga pelo conhecimento prévio e por características já definidas dos estudantes, ou no caso, de um estudante em particular.

Neste sentido podemos dizer que o corretor ao não ter clareza se a resposta do estudante se enquadrava no nível de proficiência B ou no nível de proficiência C, marcou para esses estudantes a alternativa B, no entanto, esses estudantes, na escala de proficiência aparecem no nível 3. (Figura 3)

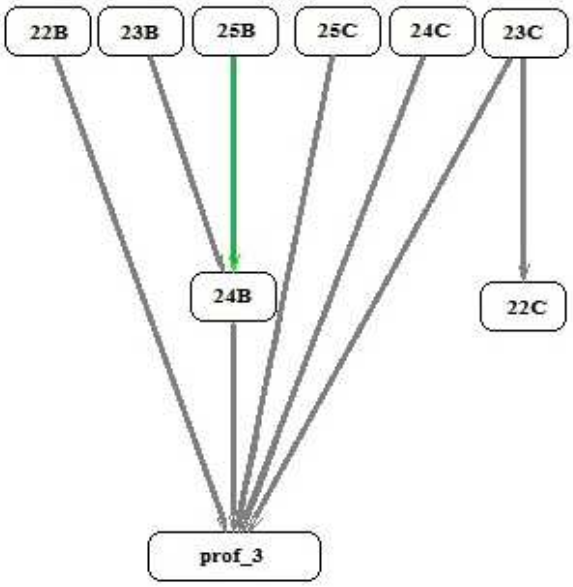


Figura 3: Nível de proficiência 3 – Provinha São Paulo 2017

A seguir apresentamos o Grafo Implicativo (Figura 1) das correções dos itens de respostas construídas da Provinha São Paulo 2018.

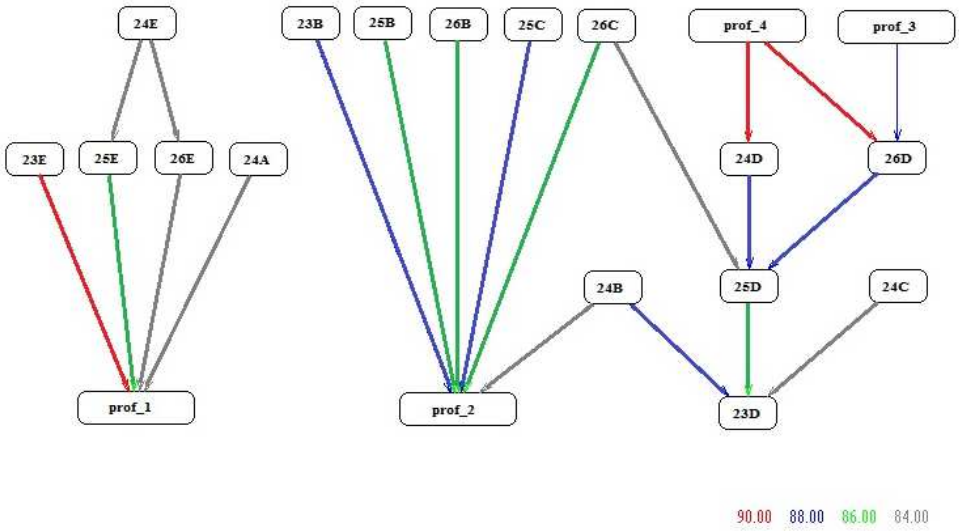


Figura 2 : Grafo Implicativo : Provinha São Paulo 2018

Efetuando a mesma análise com o Grafo Implicativo da correção dos itens de respostas construídas da Provinha São Paulo 2018, observa-se um movimento contrário ao que ocorreu com a correção da edição de 2017.Podemos dizer que o corretor, no caso de não poder identificar com clareza se a respostas do estudante se enquadrava no nível de proficiência B ou no nível de proficiência C, marcou para esses estudantes a alternativa C, no entanto, esses estudantes, na escala de proficiência aparecem no nível 2. (Figura 4)

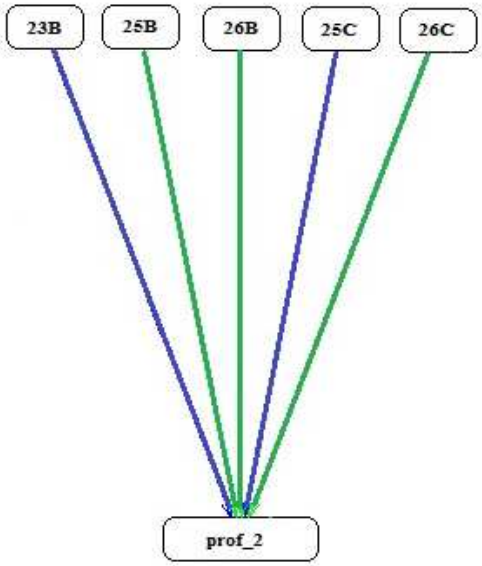


Figura 4: Nível de proficiência 2 – Provinha São Paulo 2018

Entretanto, de acordo com a Figura 4, percebemos que aparentemente o corretor apresenta uma menor distorção em relação às alternativas apontadas, uma vez segundo o Grafo Implicativo, as dúvidas aprecem mais forma significativa nos itens identificados pelos números 25 e 26, na edição de 2018 da Provinha São Paulo.

Trazemos a seguir a análise coesitiva, realizada por meio do software CHIC, das respostas fornecidas pelos corretores dos itens de respostas construídas da Provinha São Paulo nas edições de 2017 e 2018.

Árvores Coesitivas

Segundo Almouloud:

> Uma hierarquia ascendente ou árvore coesitiva traduz graficamente o encaixamento sucessivo das classes constituídas segundo critério de coesão que é decrescente segundo os níveis (no sentido contrário da formação das classes que não têm sentido implicativo, o que não se produz nas hierarquias clássicas (ALMOULOUD, 2015, p. 39).

A análise coesitiva estabelece agrupamentos formados a partir de índices probabilísticos de coesão, representados por meio de um dendrograma no qual a representação **A → B** significa que "se a variável **A** é observada, então, provavelmente, a variável **B** será observada", com probabilidade **p** de ocorrência dessa metarregra.

> [...] a análise hierárquica permite constituir, por meio de um critério, partições cada vez mais finas sobre um conjunto de variáveis estatísticas. Tais partições são construídas de modo ascendente em uma árvore, permitindo estudar e interpretar, em termos de tipologia e semelhança (dessemelhança), classes de variáveis. Na análise implicativa dos dados, chega-se a estruturas implicativas no sentido de que uma atitude a tem como consequência, ou não, uma atitude b (a→b) (ALMOULOUD, 2005, p. 3).

Um nó significativo é quando existe entre as variáveis (as categorias) um indicativo de coerência entre as relações de determinada classe (ponto de máximo local da função que modeliza as coesões identificadas na classe), ou seja, observada a variável A muito, provavelmente, também será observada a variável B. Quanto mais próximo da raiz dessa árvore a seta que indica a relação "se a então provavelmente b", maior será o índice de coesão estabelecido.

A seguir apresentamos a Árvore Coesitiva (Figura 5) das correções dos itens de respostas construídas da Provinha São Paulo 2017.

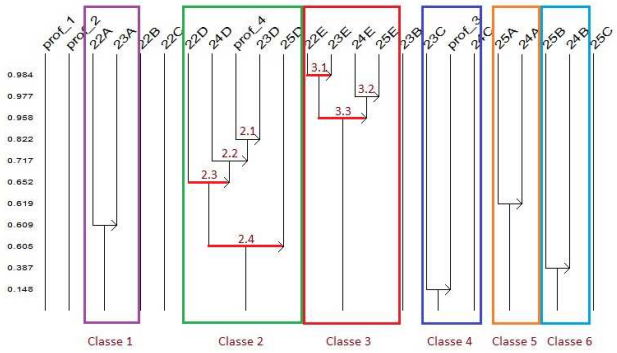


Figura 5 : Árvore Coesitiva : Provinha São Paulo 2017

O critério para as escolhas das classes se deu pelo coeficiente de coesão, ou seja, em uma ordem decrescente de relações, as classes foram formadas pelas relações como índices iguais ou maiores do que 0,7.

Assim sendo, analisaremos a subclasse 2.2 da Classe 2 e a subclasse 3.3 da Classe 3, pois, estas se enquadram no critério estabelecido.

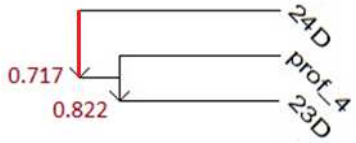


Figura 6 : Subclasse 2.2 : Provinha São Paulo 2017

A Figura 6 exibe a subcclasse 2.2, formada pelos itens 24D e 23D, que mantém uma correlação com a proficiência 4, apresenta uma coesão de 0.717, isto indica uma probabilidade superior a 0,71 de que o estudante de nível de proficiência 4, em relação aos itens 23 e 24, recebeu do corretor a indicação da alternativa D, corroborando com o nível de proficiência indicado.

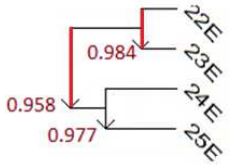


Figura 7 : Subclasse 2.2 : Provinha São Paulo 2017

A Figura 7 apresenta a subcclasse 3.3, formada pelos itens 22E, 23E, 24E e 25E. O conjunto desses itens está relacionado aos estudantes que não apresentaram nenhum tipo de respostas para os itens de abertos. Aparentemente esses estudantes apresentam um nível de proficiência menor em relação ao demais participantes da Provinha São Paulo.

A seguir apresentamos a Árvore Coesitiva (Figura 8) das correções dos itens de respostas construídas da Provinha São Paulo 2018.

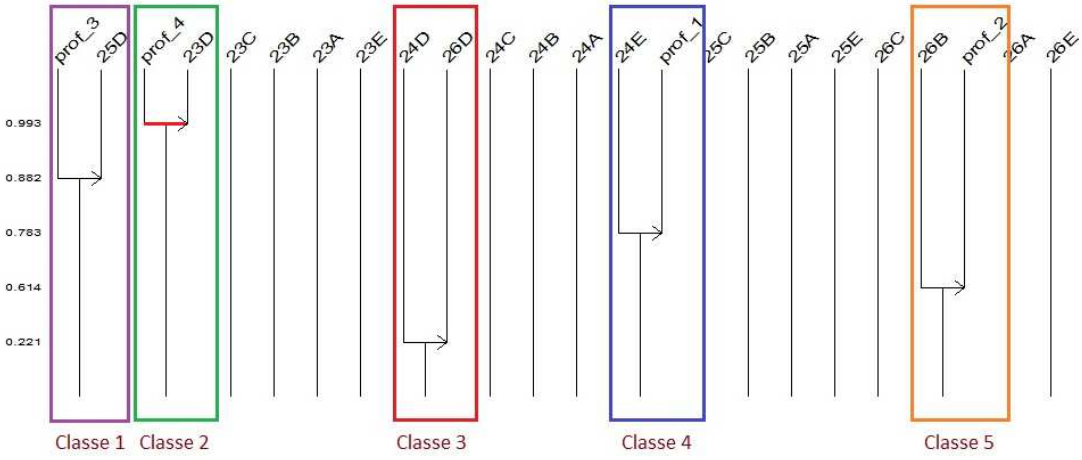


Figura 8 : Árvore Coesitiva : Provinha São Paulo 2018

Manteremos o mesmo critério utilizado na Provinha São Paulo 2017, ou seja, a escolha das classes se deu pelo coeficiente de coesão, ou seja, em uma ordem decrescente

de relações, as classes foram formadas pelas relações como índices iguais ou maiores do que 0,7. De acordo com esse critério iremos analisar as Classes 1, 2 e 4.
A Figura 9 exibe a Classe 1, formada pela correlação do iten 25D com a proficiência 3, apresenta uma coesão de 0.882, isto indica uma probabilidade superior a 0,88 de que o estudante de nível de proficiência 3, e relação ao iten 25, recebeu do corretor a indicação da alternativa D, o que, corrobora com a ideia de que estudantes indicados com o nível 3 de proficiência consigam responder corretamente alguns itens que definem o nível 4 de peoficiência.

Figura 9 : Árvore Coesitiva : Provinha São Paulo 2018

A Figura 10 apresenta a Classe 2, formada pela correlação do iten 23D com a proficiência 4, apresenta uma coesão de 0.993, isto indica uma probabilidade superior a 0,99 de que o estudante de nível de proficiência 4, em relação ao iten 23, recebeu do corretor a indicação da alternativa D, corroborando com o nível de proficiência indicado.

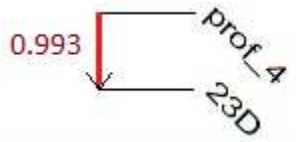


Figura 10 : Árvore Coesitiva : Provinha São Paulo 2018

A Figura 11 exibe a Classe 4, formada pela correlação do iten 24E com a proficiência 1, apresenta uma coesão de 0.783, isto indica uma probabilidade superior a 0,78 de que o estudante de nível de proficiência 1, em relação ao iten 24, recebeu do corretor a indicação da alternativa E, corroborando com o nível de proficiência indicado, uma vez que os estudantes enquadrados neste nível de proficiência tende a deixar em branco alguns itens de respostas construídas.

Figura 11 : Árvore Coesitiva : Provinha São Paulo 2018

6 Conclusões

A pesquisa sinalizou para a necessidade da construção de instrumentos eficazes de avaliação, bem como para a realização de processamento com rigor estatístico e tratamentos que permitem a aferição de resultados mais assertivos no que diz respeito àquilo que se pretende avaliar.

Observamos que no Grafo Implicativo (Figura 1), uma vez que o responsável pela correção dos itens de respostas construídas, na Provinha São Paulo edição 2017, ter sido o própria professor(a) da turma avaliada, a presença de traços que indicam o efeito Halo, quando notamos que, ao não se ter clareza se a resposta dos estudantes se enquadrava mais na descrição da proficiência C ou B, o corretor, no caso o próprio professor(a) da turma, muito provavelmente influenciado pelos conhecimentos prévios que possuia dos estudantes, optou por enquadá-los na descrição da proficiência B.

Na edição de 2018 da Provinha São Paulo destacamos que uma empresa externa foi contratada para aplicar a Provinha São Paulo e corrigir os itens de respostas construídas, e observamos uma tendência oposta a ocorrida na correção da edição de 2017. Desta vez na dúvida de qual descrição de proficiência a resposta do estudante se enquadrava, B ou C, optou por apontar a proficiência C.

Diante desta constatação entendemos que uma reestruturação do instrumento de correção se apresenta como necessária, uma vez que ao permitir que os corretores apresentassem dúvida em relação à descrição de proficiência ao qual a resposta do estudante mais se aproximava, justifica essa necessidade.

Em relação às Árvores Coesitivas, tanto da edição de 2017 como da edição de 2018 da Provinha São Paulo, indicam que as proficiências de nível 1 e nível 4 mostram-se bem definidas pelo modelo utilizado.

O tratamento utilizando o software CHIC também levou à reflexão da possibilidade de realização de análises pedagógicas mais detalhadas, possíveis com a hierarquização de dados e a correlação entre eles. Essa análise nos leva à problematização de elaboração de instrumentos de avaliação que otimizem o uso dessas correlações.

Referências

[1] ALAVARSE, O. M. Desafios da avaliação educacional: ensino e aprendizagem como objetos de avaliação para a igualdade de resultados. In: Cadernos Cenpec/ Centro de Estudos e Pesquisas em Educação, Cultura e Ação Comunitária. São Paulo: CENPEC, v. 3, n. 1, jun. 2013, p. 135-153.

[2] ALAVARSE, O. M & CATALANI, E. M. T. Alfabetização e TIC: os testes adaptativos informatizados (TAI) como recurso. In: COMITÊ GESTOR DA INTERNET – CGI.br. Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil – TIC Educação 2015. Coord. Alexandre F. Barbosa, São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2015, pp. 35-44.

[3] ALMOULOUD, S.A. (2005). L'analyse statistique de données multidimensionnlles: outil révelateur des conceptions d' enseignants em formation. In: Encontro Chic, São Paulo, Anais... São Paulo.

[4] _____ (2007). Fundamentos da didática da Matemática. UFPR, Curitiba.

[5] _____ (2015). O que está por detrás do CHIC. In VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B. (org.). O uso do CHIC na formação de educadores. pp.42-60. Rio de Janeiro: Letra Capital. 2015.

[6] ANDRADE, Dalton Francisco de; TAVARES, Héliton Ribeiro; VALLE, Raquel da Cunha. Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações. São Paulo: Associação Brasileira de Estatística, 2000.

[7] BONAMINO, A.; SOUZA, S. Z. Três gerações de avaliação da educação básica no Brasil: interfaces com o currículo da/na escola. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 38, n.2, p. 373-388, abr./jun. 2012.
[8] GRAS, R.; ALMOULOUD, S.A. A implicação estatística usada como ferramenta em um exemplo de análise de dados multidimensionais. Revista Educação Matemática Pesquisa. São Paulo: EDUC, v. 4, n. 2, 2002, p. 75-88
[9] GRAS, R.; RÉGNIER, J.-C. (2017). Extension de l'Analyse Statistique Implicative à des hiérarchies des règles. In Gras, R (dir). L'Analyse Statistique Implicative: des sciences dures aux sciences humaines et sociales. Toulouse: Cépaduès Editions.
[10] NEVO, D. Avaliação por diálogos: uma contribuição possível para o aprimoramento escolar. In TIANA, Alejandro (coord). Anais do Seminário Internacional de Avaliação Educacional, 1 a 3 de dezembro de 1997. Tradução de John Stephen Morris. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep), 1998, p. 89-97.
[11] RODRIGUES, M.R. (2018). Estudo sobre as concepções de professores do ensino básico em relação a aleatoriedade e probabilidade. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.
[12] TOFFOLI, S. F. L.; ANDRADE, D. F de; BORNIA, A. C; QUEVEDO-CAMARGO, G. Avaliação com itens abertos: validade, confiabilidade, comparabilidade e justiça. Educ. Pesquis., São Paulo, v. 42, n. 2, p. 343-358, abr./jun. 2016.

IMPACTOS DA REPROVAÇÃO NOS SEMESTRES INICIAIS DO ENSINO SUPERIOR BRASILEIRO: ESTUDO EM FACULDADE DO ESTADO DA BAHIA, NO BRASIL

Sandro Coelho Moreira PINTO[1], Maria Cristina Elyote Marques SANTOS[2] e Paulo Cesar Marques de Andrade SANTOS[3]

LES IMPACTS DE LA REPROVATION DANS LES SEMESTRES INITIAUX DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR BRÉSILIEN : ÉTUDE EN FACULTE DE L'ÉTAT DE BAHIA, AU BRÉSIL

THE IMPACTS OF REPROVATION IN THE INITIAL SEMESTERS OF BRAZILIAN HIGHER EDUCATION: STUDY IN FACULTY OF THE STATE OF BAHIA, IN BRAZIL

RESUMO

O artigo tem por objetivo identificar os impactos gerados pela reprovação ocorrida no ensino superior brasileiro, por meio do exame de históricos de resultados de dez cursos superiores diferentes com dados aplicados à análise da estatística implicativa. O referencial teórico aborda a avaliação, a reprovação e a evasão, a fim de lastrear a relação entre os temas. O estudo não aponta diferenças de desempenho entre os cursos, nem entre gêneros e nem entre faixas etárias. Também refuta a ideia de que a reprovação fomenta a evasão.

Palavras-chave: *avaliação, evasão, reprovação.*

RÉSUMÉ

Le but de cet article est d'identifier les impacts générés par la réprobation survenue dans l'enseignement supérieur brésilien, en examinant l'historique des résultats de dix cours différents avec des données appliquées à l'analyse des statistiques d'implication. Le cadre théorique traite de l'évaluation, de la désapprobation et de l'évasion, afin d'équilibrer la relation entre les thèmes. L'étude n'indique pas de différences de performances entre les cours, ni entre les sexes ni entre les groupes d'âge. Cela réfute également l'idée que la réprobation encourage l'évasion.

Mots-clés : *désapprobation, évaluation, évasion.*

ABSTRACT

The purpose of this paper is to identify the impacts generated by the reprobation that occurred in brazilian higher education, by examining the results histories of ten different higher courses with data applied to the analysis of the implication statistics. The theoretical framework deals with evaluation, disapproval and avoidance, in order to balance the relationship between the themes. The study does not point out differences in performance

[1] Uninassau, Rua Alexandrina Ramalho, 378, Candeal, Salvador/BA, CEP 40296-230, sandrocmpinto@gmail.com

[2] Universidade do Estado da Bahia, Rua Silveira Martins, 2555, Cabula, Salvador/BA, CEP 41150-000, elyote@uneb.br

[3] Universidade Estadual de Pernambuco, Rodovia BR 203, Km 2, s/n – Villa Eduardo, Petrolina/PE, CEP 56328-900, paulo.marqques@upe.br

between courses, neither between genders nor between age groups. It also refutes the idea that reprobation encourages evasion.

Keywords: avoidance, disapproval, evaluation.

1 Introdução

Os países em desenvolvimento, os chamados BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, são detentores de economias que cresceram nas últimas décadas, mas mesmo entre as nações supracitadas, uma questão comum persiste desprovida de conveniente resposta: A inclusão social. Outrossim, é impossível dissociar inclusão social e educação, esses elementos habitam lócus social tão próximo, que confundem-se enquanto causa e efeito um do outro, formando em verdade, nítidos ciclos, viciosos ou virtuosos. É notória e exponencial a ampliação do número de vagas disponíveis no ensino superior brasileiro, a partir da ascensão do Partido dos Trabalhadores ao poder central.

A oferta de vagas em cursos de nível superior mudou de uma realidade restritiva, na qual poucas Instituições de Ensino Superior - IES, eram autorizadas a funcionar, incluindo aquelas de caráter público, militar e confessional. O que tornava o acesso ao curso superior uma árdua batalha, para a qual os alunos oriundos das classes mais abastadas podiam preparar-se melhor, garantindo a supremacia numérica nos bancos dessas IES, e criando um contrassenso no panorama da educação brasileira: As vagas das universidades públicas estavam guardadas para os alunos das escolas privadas, enquanto aos alunos das escolas públicas, restava a opção de buscar um longo financiamento governamental para poder cursar o nível superior em IES privadas. Sécca e Leal (2009) dão contornos claros ao discurso posto, quando explicam que entre 1995 e 2007 o número de IES privadas no Brasil cresceu 197%, chegando a outrora impensáveis 2032 IES e 4,88 milhões de estudantes matriculados.

Dessa maneira, percebe-se a educação superior brasileira não como um fim em si, também não como um vetor do crescimento econômico, afinal o distanciamento entre o produto da educação praticada nas universidades, que é o próprio egresso, e as demandas do mercado pela qualificação que exigem dos profissionais que pretendem admitir em seus quadros cresce de maneira preocupante, conforme observado por Marras (2010, p. 133):

As universidades não têm conseguido atender as necessidades das organizações na formação dos seus profissionais. Existe uma lacuna intransponível entre os profissionais desejados pelas organizações e aqueles entregues pelas entidades de ensino superior. A teoria não consegue colocar os estudantes em uníssono com a práxis necessária no ambiente real da organização.

Ou seja, a educação superior no Brasil não forma profissionais apuradamente técnicos, conforme Niskier: “Um país condizente com o mundo moderno precisa de pessoal capacitado para empreender a marcha da qualidade e da produtividade” (1998, p. 199). Mas busca tão somente, a inclusão social de significativa parcela da população que durante séculos foi mantida à margem dos processos de graduação.

Para viabilizar os seus planos, os governos em questão, valeram-se de uma gama de programas de financiamento, como ProUni, FIES, Educa Mais Brasil e Bolsas Educar, cada um com as suas particularidades, mas todos com o intuito comum de ampliar o acesso ao nível superior, o que foi descontinuado a partir de 2015.

Ao ingressar no ensino superior, o estudante vindo do ensino médio depara-se com uma nova realidade, não só acadêmica, mas também operacional e social. Por exemplo, os professores das IES particulares têm um vínculo empregatício muito mais tênue e têm outras atividades profissionais além da docência, financeiramente mais representativas em sua renda mensal, o que é muito diferente dos seus professores do ensino médio, em geral concursados e estáveis, mas em sua maioria desiludidos com a educação, e que quando exercem outra atividade profissional, essa representa apenas um complemento para o equilíbrio das suas contas pessoais.

Essa nova realidade cultural coloca o estudante do ensino superior brasileiro à prova e muitas vezes o resultado não é o esperado, resultando em preocupantes índices de reprovação, especialmente nos semestres iniciais, o que, mesmo sem o suporte de uma pesquisa científica, sabe-se, gera evasão, tornando inalcançável uma parte dos planos do governo central e, principalmente, frustrando sonhos de jovens e de suas respectivas famílias, alentadas pelo sonho de que o primeiro rebento a concluir o nível superior possa gerar mobilidade social a todo o grupo familiar.

Do cenário muito brevemente exposto, emerge o tema central do trabalho ora proposto: A reprovação no ensino superior. Tal tema, por conseguinte, faz emergir o problema de pesquisa a ser respondido: Quais os impactos gerados pela reprovação observada no ensino superior brasileiro? Tendo respondido o problema de pesquisa selecionado, crê-se, será possível formular políticas e mesmo ações pontuais, capazes de minimizar os efeitos nefastos dos impactos aludidos.

O presente trabalho científico não pretende propor as possíveis soluções a serem implementadas após a devida identificação dos impactos, mas mantém nesse espaço de ação o seu foco debruçado, assumindo como seu objetivo geral: Identificar os impactos gerados pela recorrente reprovação verificada no ensino superior brasileiro.

Para a consecução de tal objetivo, propõe-se particioná-lo em três objetivos específicos, a saber: (a) Analisar a frequência de reprovações nos dois semestrais iniciais dos cursos superiores da IES em estudo; (b) Avaliar a trajetória acadêmica dos alunos após o registro de reprovações nos dois semestrais iniciais do seu histórico universitário; (c) Entender, sob o ponto de vista dos alunos que vivenciaram a reprovação, os impactos causados na sua trajetória universitária e comportamental.

2 Referencial metodológico

Para a plena consecução dos objetivos apresentados, pretende-se dividir a metodologia em dois caminhos diferentes, porém convergentes, como dois rios que se encontram num grande delta antes de ganhar o oceano. Por outro lado, a fim de montar uma amostra de dados efetivamente acessíveis, preservando o tempo e a energia disponíveis para a pesquisa, à sua fase de análise, opta-se pela realização de um estudo de caso único.

2.1 Seleção da amostra

O primeiro passo foi selecionar aleatoriamente a amostra, composta por quarenta alunos matriculados em cada curso estudado, tendo como referência a matrícula nos cursos nos semestres indicados nos critérios de seleção da amostra, de forma que tenha existido tempo para concluir os cursos e que a matrícula já não esteja ativa. Assim, os cursos que ainda não concluíram a primeira turma, foram excluídos da amostra.

O estudo foi feito a partir de dados de uma instituição de ensino superior, de caráter particular, que funciona na cidade de Salvador, Bahia, no Brasil. Os cursos componentes da amostra são: (a) Bacharelado em Administração; (b) Bacharelado em Ciências Contábeis; (c) Bacharelado em Direito; (d) Bacharelado em Enfermagem; (e) Bacharelado em Fisioterapia; (f) Tecnologia em Recursos Humanos; (g) Tecnologia em Logística; (h) Licenciatura em Pedagogia; (i) Bacharelado em Serviço Social; (j) Bacharelado em Sistemas de Informação.

Dessa maneira, antes do primeiro processo de refino, a amostra será composta por quatrocentos alunos, sendo quarenta alunos de cada curso selecionado para a pesquisa. Nessa fase foi identificada a ocorrência de reprovação nos dois semestres iniciais, sendo assim possível saber qual o percentual de alunos total e de cada curso, que experimentaram a reprovação no período previsto. Após o primeiro processo de refino, a amostra foi reduzida e os alunos que passaram pela reprovação terão as ocorrências dessa natureza avaliadas em blocos semestrais, sendo assim possível realizar as análises propostas por esse trabalho.

2.2 Análise documental

Cervo e Bervian (2003) explicam que a pesquisa documental consiste na busca de informações acerca do tema em pauta, considerando sempre os mais diversos aspectos de um problema, caracterizando-se como uma pesquisa, de caráter tanto exploratório, quanto interdisciplinar, franqueando ao pesquisador a possibilidade de formulação de estratégias diversas a fim da mais plena realização da análise documental proposta.

Sob prisma diverso, Pimentel (2001) afirma que os estudos baseados em documentos como fonte de pesquisa, são capazes de extrair desses documentos toda a análise necessária, sendo possível organizá-los e interpretá-los sob os ditames da investigação proposta.

A presente pesquisa acessou o histórico escolar do curso universitário dos trezentos e noventa alunos que compõem a amostra maior dessa pesquisa. A partir dessa análise, foram geradas tabelas individuais que apontam a ocorrência de reprovações por unidade semestral, conforme fracionamento usado pela maioria das IES brasileiras. Os alunos foram agrupados por curso e a partir da análise dessas tabelas tornou-se possível identificar os semestres de maior ocorrência de reprovação, assim como o nível de reincidência do fato ao longo da trajetória dos alunos.

Ao adotar tais procedimentos, pretenderam os pesquisadores, atender os dois primeiros objetivos específicos levantados para o trabalho ora posto: (a) Analisar a frequência de reprovações ao longo das unidades semestrais adotadas para a grande maior parte dos cursos superiores do Brasil; (b) Avaliar a trajetória acadêmica dos alunos após o registro de reprovações em seu histórico universitário.

2.3 Pesquisa bibliográfica

Para construir a fundamentação teórica que presta o necessário suporte ao trabalho ora posto, recorreu-se à técnica da pesquisa bibliográfica. Segundo Gil (1999), pesquisa bibliográfica ocorre quando um texto é elaborado a partir de material anteriormente publicado, sendo que esse material é constituído, de maneira fundamental, por livros e artigos de autores que abordam o tema da própria pesquisa.

Por seu turno, Lakatos e Marconi afirmam: “A pesquisa bibliográfica é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema.” (2010, p. 142)

2.4 As metarregras da Análise da Estatística Implicativa (A. S. I.)

O software CHIC gera uma representação gráfica capaz de ordenar as relações entre as variáveis de acordo com o grafo implicativo. Cada arco visualizado a partir da rede de relações formada nesse no grafo é ponderado pelo valor da intensidade de implicação, o que representa uma medida da qualidade da regra oriunda de cada um desses arcos, enquanto um nível de confiança probabilística. Vale ressaltar que o grupo dessas variáveis é também estruturado pelo software CHIC no formato de uma árvore hierárquica orientada que representa as metarregras, que sofrem influência por um índice de qualidade, o chamado índice de coesão. (Gras; Régnier, 2015)

Gras e Acioly-Régnier (2017) reforçam a ideia apesentada quando afirmam que as metarregras orientam a organização hierárquica dos dados que influenciam as informações fornecidas pelas regras de associação ordenando o seu conjunto de maneira a proporcionar melhores condições para realização das análises propostas.

2.5 Variáveis de pesquisa

Para o estudo em questão, foram escolhidas variáveis que representam o objeto desse estudo, de maneira a melhor caracterizá-lo. Além disso, para utilizar o software de tratamento com o software CHIC, as variáveis foram convenientemente organizadas.

Variáveis não binárias de identificação dos sujeitos. Por meio dessas variáveis a interpretação dos resultados pôde ser melhor detalhada:

– (V01) Data de nascimento do sujeito.
– (V02) Data de matrícula do sujeito.
– (V03) Idade do sujeito.

Variáveis binárias de identificação dos sujeitos:

– (V04) Natural de Salvador.
– (V05) Gênero masculino.
– (V06) Gênero feminino.

Variáveis binárias de cursos nos quais os sujeitos foram matriculados:

– (V07) Aluno do bacharelado em Administração.
– (V08) Aluno do bacharelado em Ciências Contábeis.
– (V09) Aluno do bacharelado em Direito.
– (V10) Aluno do bacharelado Enfermagem.
– (V11) Aluno do bacharelado em Fisioterapia.
– (V12) Aluno do tecnólogo em Gestão de Recursos Humanos.
– (V13) Aluno do tecnólogo em Logística.
– (V14) Aluno da licenciatura em Pedagogia.
– (V15) Aluno do bacharelado em Sistemas de Informação.
– (V16) Aluno do bacharelado em Serviço Social.

Variáveis binárias que indicam a quantidade de disciplinas em que o sujeito foi reprovado durante o primeiro semestre do curso:

– (V17) Foi reprovado em uma disciplina durante o primeiro semestre do curso.
– (V18) Foi reprovado em duas disciplinas durante o primeiro semestre do curso.
– (V19) Foi reprovado em três disciplinas durante o primeiro semestre do curso.
– (V20) Foi reprovado em quatro disciplinas durante o primeiro semestre do curso.

– (V21) Foi reprovado em cinco disciplinas durante o primeiro semestre do curso.
– (V22) Foi reprovado em seis disciplinas durante o primeiro semestre do curso.
– (V23) Foi reprovado em sete disciplinas durante o primeiro semestre do curso.
– (V24) Foi reprovado em oito disciplinas durante o primeiro semestre do curso.

Variável binária que indica se o sujeito efetivou a matrícula para o segundo semestre do curso:

– (V25) Aluno permaneceu no curso para o segundo semestre.

Variáveis binárias que indicam a quantidade de disciplinas em que o sujeito foi reprovado durante o segundo semestre do curso:

– (V26) Foi reprovado em uma disciplina durante o segundo semestre do curso.
– (V27) Foi reprovado em duas disciplinas durante o segundo semestre do curso.
– (V28) Foi reprovado em três disciplinas durante o segundo semestre do curso.
– (V29) Foi reprovado em quatro disciplinas durante o segundo semestre do curso.
– (V30) Foi reprovado em cinco disciplinas durante o segundo semestre do curso.
– (V31) Foi reprovado em seis disciplinas durante o segundo semestre do curso.
– (V32) Foi reprovado em sete disciplinas durante o segundo semestre do curso.
– (V33) Foi reprovado em oito disciplinas durante o segundo semestre do curso.

Variável binária que indica se o sujeito efetivou a matrícula para o terceiro semestre do curso:

– (V34) Aluno permaneceu no curso para o terceiro semestre.

Variável binária que indica se o sujeito voltou a ser reprovado nos semestres subsequentes do curso:

– (V35) Aluno voltou a ser reprovado em semestres posteriores.

Variáveis binárias que indicam a quantidade de disciplinas que compõem o curso em que o sujeito foi matriculado:

– (V36) Quantidade de disciplinas do curso: 25 a 30 disciplinas.
– (V37) Quantidade de disciplinas do curso: 31 a 35 disciplinas.
– (V38) Quantidade de disciplinas do curso: 36 a 40 disciplinas.
– (V39) Quantidade de disciplinas do curso: 41 a 45 disciplinas.
– (V40) Quantidade de disciplinas do curso: 46 a 50 disciplinas.
– (V41) Quantidade de disciplinas do curso: 51 a 55 disciplinas.

Variáveis binárias que indicam a carga horaria mínima do curso em que o sujeito foi matriculado:

– (V42) Carga horaria mínima do curso: 1800 horas.
– (V43) Carga horaria mínima do curso: 2500 horas.
– (V44) Carga horaria mínima do curso: 3000 horas.
– (V45) Carga horaria mínima do curso: 4000 horas.

Variável binária que indica se o sujeito concluiu o curso em que o sujeito foi matriculado:

– (V46) O aluno concluiu o curso.

Variáveis binárias que indicam a quantidade de semestres além do previsto que o sujeito precisou para concluir o curso:

– (V47) O aluno precisou de apenas mais um semestre para concluir o curso.
– (V48) O aluno precisou de mais dois semestres para concluir o curso.
– (V49) O aluno precisou de mais três semestres para concluir o curso.
– (V50) O aluno precisou de mais quatro ou mais semestres para concluir o curso.

Variáveis binárias que indicam a quantidade mínima de semestres prevista para a conclusão do curso em que o sujeito foi matriculado:

–(V51) Quantidade mínima de semestres estabelecida para conclusão do curso: 4 semestres.
–(V52) Quantidade mínima de semestres estabelecida para conclusão do curso: 5 semestres.
–(V53) Quantidade mínima de semestres estabelecida para conclusão do curso: 7 semestres.

– (V54) Quantidade mínima de semestres estabelecida para conclusão do curso: 8 semestres.
– (V55) Quantidade mínima de semestres estabelecida para conclusão do curso: 10 semestres.

3 Referencial teórico

O presente referencial foi construído com o objetivo de prestar o suporte teórico necessário à consecução do objetivo proposto, recorrendo a autores consagrados e recentes em cada um dos três tópicos que orientam a sua construção: Avaliação; Reprovação e; Evasão.

3.1 Avaliação

> A prática de provas/exames escolares que conhecemos tem sua origem na escola moderna, que se sistematizou a partir dos séculos XVI e XVII, com a cristalização da sociedade burguesa. As pedagogias jesuítica (séc. XVI), comeniana (séc. XVII), lassalista (fins do séc. XVII e inícios do séc. XVIII) são expressões das experiências pedagógicas desse período e sistematizadoras do modo de agir com provas/exames. A prática que conhecemos é herdeira dessa época, do momento histórico da cristalização da sociedade burguesa, que se constituiu pela exclusão e marginalização de grande parte dos elementos da sociedade. (Luckesi, 2008, p. 169)

O trecho em destaque mostra que a discussão acerca dos métodos de avaliação não é nova. A comunidade científica da Educação busca as melhores soluções para avaliar o nível de aprendizado do seu corpo discente e assim, obter retorno objetivo acerca dos resultados do processo educativo. A avaliação é uma etapa indispensável ao processo educativo, no entanto, revestir a sala de aula de caráter libertador, conforme recomendado por Freire e Schor (2008) e garantir a não bancarização da educação, conforme sugestão reiteradamente feita por Freire (1996, 2005), parece ter se transformado num problema de difícil solução.

Libâneo (1994) lembra que a avaliação é uma etapa bastante complexa e que não se resume à realização de provas e a conseqüente atribuição de notas, afinal, a mensuração gera dados quantitativos que devem ser submetidos a uma posterior apreciação qualitativa.

Entre as facetas menos nobres do processo de avaliação, encontra-se a assertiva:

> Em vez de ser utilizada para a construção de resultados satisfatórios, tornou-se um meio para classificar os educandos e decidir sobre os seus destinos no momento subseqüente de suas vidas escolares. Em conseqüência desse seu modo de ser, teve agregado a si um significado de poder, que decide sobre a vida do educando, e não um meio de auxiliá-lo ao crescimento. (Luckesi, 2008, p. 166)

A afirmativa ora posta ressalta o significado de instrumento de poder da avaliação, exercido por parte do docente para com o discente, o que desvirtua e distorce o puro e verdadeiro objetivo da avaliação. Esta conclusão coaduna com o discurso de Lemos (2002) que afirma que este modelo ultrapassado traz para a época da cibercultura a marca do autoritarismo e da arbitrariedade que não condizem com a moderna dinâmica da aprendizagem.

A assertiva de Lemos (2002) encontra eco nas contribuições de Hoffmann (2004) e Bruno e Moraes (2006). “A avaliação na escola vem sendo um ato penoso de julgamento de resultados” (Hoffmann, 2004, p. 25). “Vemos alunos não menos insatisfeitos, que entendem a avaliação como algo punitivo, momentâneo, desconfortável e inadequado”. (Bruno e Moraes, 2006, p. 51)

Um dos papéis já citados é o de classificar e hierarquizar os aprendentes através da análise do seu desempenho nos processos avaliativos. Perrenaud (1999) explica que por muitos anos as sociedades europeias criam que não precisavam de grande contingente de pessoas instruídas e exemplifica que no início do século XX, apenas 4% dos adolescentes franceses que frequentavam a escola básica poderiam chegar a concluir a escola secundária e que ao final do mesmo século esse percentual havia subido para 80%. O processo seletivo que apontava quais jovens permaneceriam no processo educativo fazia a análise quantitativa do seu desempenho.

De acordo com Luckesi (2008), a avaliação da aprendizagem é uma ferramenta que se presta a fornecer informações fidedignas para aprimorar o planejamento educacional, até por que, a avaliação não existe por si mesma, ganhando sentido apenas na medida em que serve para o diagnóstico da execução e dos resultados que estão sendo alcançados. Libâneo (1994) aduz ainda que a avaliação assume funções pedagógico-didáticas, de diagnóstico e de controle em relação às quais se recorre a instrumentos de verificação do rendimento escolar.

Libâneo (1994) e Luckesi (2008) centram as suas contribuições na questão do diagnóstico fidedigno, como único ponto de partida possível para um planejamento educacional eficiente, o que atende à recomendação de Vygotsky (2001).

Perrenaud (1999) explica que durante muito tempo a pedagogia conformou-se com as desigualdades de êxito, entre os aprendentes, resultantes de seus processos avaliativos, como se coubesse à escola tão somente ofertar o ensino ao aluno de maneira democrática e que absorver os ensinamentos fosse responsabilidade de cada indivíduo. Nesta perspectiva, a avaliação enquanto formadora seria desprovida de sentido, pois ocorreria em momento posterior ao momento do aprendizado. No entanto, a pedagogia reconhece hoje a necessidade de tratar os aprendentes de maneira individual, de interagir com suas particularidades e peculiaridades, independente da origem desses fatores ou da origem do sujeito. Nesse novo cenário o papel formativo da avaliação eclode para saciar demandas da prática educacional.

Segue o autor em pauta, explicando que se a avaliação é também uma ferramenta de diagnóstico da situação do aprendente, ela terá validade sob esse prisma, apenas e tão somente se gerar a partir de si, uma ação apropriada, lastreada no princípio da educabilidade.

Retomando a análise à contribuição de Kratochwill (2009, p. 139), é possível observar uma propriedade ainda não abordada, a autora aduz que a avaliação “impõe temporalidade ao estudo”. Nota-se que entre os discentes é recorrente o hábito de planejar os seus estudos em função das datas de avaliação. Essa constatação apenas referenda a assertiva em pauta.

Na esteira desse pensamento, emerge a contribuição de Demo (1998) que ensina que esse conhecimento reproduzido, inevitavelmente, envelhece, assim, deve-se desenvolver no aprendente a capacidade de renovar este conteúdo através da sua permanente reconstrução. A sugestão de Demo (1998) faz ressoar as palavras de Piaget (1998) quando afirma que para ensinar não basta encher a cabeça do aprendente de conhecimentos úteis,

mas que, a constituição de um sujeito livre, demanda a formação de uma inteligência ativa, capaz de procurar sozinho, criticar livremente e perceber-se como ser autônomo.

Em sua contribuição, Lima Junior e Alves (2006) afirmam que nas práticas escolares correntes, inexistem avaliações diagnósticas e formativas e quando citadas ou até mesmo previstas no planejamento, essas ocorrem apenas de forma pontual e descontextualizada, de forma totalmente desarticulada do processo de ressignificação de conceitos dos aprendentes.

Um aspecto que deve ser abordado neste estudo é a questão da crescente importância do diálogo. Segundo Moore e Kearsley (2008), a língua exerce um papel central no desenvolvimento do diálogo entre discente e docente, sendo este último responsável pela garantia da relevante troca de significados e do desenvolvimento de uma compreensão compartilhada dos fenômenos estudados e discutidos.

A ideia de Moore e Kearsley (2008) encontra base nos escritos de Vygotsky (2007, p. 97), quando este autor apresenta a ideia da zona proximal de desenvolvimento:

> Ela é a distância ente o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.

Como o presente trabalho trata da educação de adultos, entende-se o professor no papel do adulto referenciado no texto em destaque. Dessa forma, a linguagem assume a função de tornar o espaço de aula num espaço de interação. Uma vez disparado o processo de interação, esse discente estará na zona proximal de desenvolvimento (Vygotsky, 2007), e da evolução do diálogo entre professor e alunos decorreria uma alteração no controle deste processo, passando esse controle do professor para os alunos.

Ainda é possível abstrair da conclusão acima, que a perspectiva descrita ainda pode e deve disparar outro processo ainda mais amplo, que é a nítida e clara assunção da responsabilidade sobre o processo educativo por parte dos alunos, que passariam a agir como elementos ativos do próprio processo educativo, descartando o seu papel passivo, que confunde-se com o papel de cliente, distorção recorrente na realidade da educação particular.

A importância da interação entre docente e discentes é classificada como primordial no processo de construção do conhecimento, de acordo com a pregação de Kratochwill (2009). A ideia encontra base outra vez na obra de Vygotsky (2007) que afirma que o papel de professor enquanto mediador favorece a construção do conhecimento, tanto nas relações entre os sujeitos, como nas relações desses sujeitos com o conteúdo e com o meio.

Existe outro aspecto que precisa ser trazido à luz da discussão proposta: “Tanto para o aluno como para o professor, a avaliação é indutora de emoções e, consequentemente, de processos de mudança de conduta ou de performance.” (Bruno e Moraes, 2006, p. 61).

3.2 Reprovação

Segundo Lotufo (1998), Silva e Pereira (2009) um dos notórios impactos da reprovação é a evasão. Por não saber lidar com o insucesso ou por entender que aquele é um obstáculo intransponível ou mesmo por não aceitar como justa a reprovação e ainda por diversos outros motivos, a reprovação é fator motivador de evasão.

Vasconcelos et ali (2009) corrobora informando que a realidade em Portugal apresenta-se análoga. Constituindo-se como um dos fatores de evasão, a incapacidade de atender os níveis de exigência de determinadas disciplinas, o que gera reprovação, especialmente em programas de acesso mais fácil

Outrossim, segundo Silva et ali (2005) a reprovação gera desânimo, mas pode ainda causar sentimento de revolta, de humilhação, e até mesmo desencadear ou contribuir com um complexo de inferioridade por parte do sujeito reprovado, influenciando negativamente na sua autoestima, comprometendo a sua capacidade de desenvolver-se enquanto ser humano.

Ribas (2001) entende que a repetição de uma disciplina faz parte de um processo psíquico de natureza inconsciente, que é indispensável ao processo de aprendizagem desenvolvido por todo ser humano. Esse processo, segundo o autor, pode manifestar-se tanto a favor da pretensa aprendizagem, como na forma de um sintoma. Quando ocorre em favor da aprendizagem o aluno repete a disciplina, aprende e segue o curso, por outro lado, enquanto sintoma, manifesta-se através da própria reprovação, inequívoco indicador de fracasso, mas não de fracasso apenas do aluno, mas fracasso também do professor.

> Todavia, a reprovação massiva de alunos é apenas uma das manifestações desse processo, visto que os professores também repetem, apenas o fazendo de outras maneiras. E a instituição de ensino, ao não assumir o sintoma do fracasso como seu, transfere o ônus desse fracasso praticamente todo para o aluno. (Ribas, 2001, p. 31)

"Ser bem-sucedido na escola e ter a perspectiva do ter, mais tarde, uma bela situação, de ter acesso, portanto, ao consumo de bens. Significa também 'ser alguém', isto é, [...] ser considerado, respeitado." (Cordié, 1996, p. 21) Tal afirmação ancora-se na abordagem de Bourdieu e Boltanski (1998) que explicam que entre os efeitos do que chamam de 'estudantização' está o fato de que ter um título, significa ter direito aos benefícios intrínsecos, o que envolve questões sociais, inclusive, remuneração.

As assertivas postas retratam uma grande realidade da percepção social contemporânea acerca da educação, no entanto, trazem em seu bojo a questionável premissa de que o objetivo da educação é o resultado financeiro do trabalho. Numa contemporaneidade em que a escola encontra-se bastante dissociada do mundo do trabalho, apesar da grande prevalência das disciplinas tecnicistas em alguns cursos, conforme confirmado por Pinto (2010), limitar dessa maneira a perspectiva da educação, faz com que a avaliação perca o seu sentido e a reprovação seja um mal a ser combatido, no entanto, sem avaliação e sem reprovação, num mundo recheado de estímulos de respostas e prazeres imediatos, não há como estimular o discente a acompanhar aulas, estudar e preparar-se para as avaliações, visto que, essas seriam desprovidas de sentido, afinal o resultado da educação não pode e nem deve ser imediato. Na mesma obra, Bourdieu e Boltanski (1998, p. 136), dizem que: "O poder conferido por um diploma não é pessoal, mas coletivo, uma vez que não se pode contestar o poder legítimo (os direitos) conferidos por um diploma, ao seu portador, sem contestar o poder de todos os portadores de diplomas." Assim, retorna-se ao bíblico dilema de separar joio e trigo, mas como proceder com justiça entre os homens, senão pela avaliação e consequente reprovação de alguns?

3.3 Evasão

A evasão é um fenômeno social reiterado e complexo, que consiste na suspensão dos estudos formais, como detalha Gaioso (2005). Muitos fatores incidem sobre essa decisão do estudante, como a situação financeira, a gestão do tempo, as perspectivas acerca de oportunidades de trabalho, a falta de motivação, entre outros.

A evasão implica em prejuízos sociais, acadêmicos e financeiros, que para o setor privado, quer para o setor público. Por conta das evasões, as universidades públicas investem recursos que jamais trarão qualquer benefício à sociedade, ainda sendo social e academicamente nocivos, já as instituições privadas perdem receitas significativas. Nas duas situações a evasão é causadora de ociosidade e de desemprego de professores, técnicos, equipamentos e espaço físico. (Silva Filho et alli, 2007)

Baggi e Lopes (2010) alertam que a relação entre a evasão e a avaliação ainda é pouco estudada e nos trabalhos disponíveis, a avaliação emerge apenas enquanto ferramenta utilizada com o objetivo de reduzir o nível de evasão, no entanto, apenas como uma discussão acessória e não como a discussão em foco, repetidamente submissa à discussão acerca da evasão no ensino superior.

Silva Filho et alli (2007) explicam que a evasão é um problema que atinge instituições de ensino superior em todo o mundo, o que gera diversas pesquisas na busca de conhecer, entender e neutralizar as suas causas.

4 Análises estatísticas

As análises estatísticas apresentadas nos itens 4.2 e 4.3 foram realizadas a partir do grafo implicativo gerado pelo software CHIC, versão 6. Os porcentuais apresentados no presente capítulo foram calculados a partir do total da amostra coletada.

4.1 Características da amostra

Curso	Masc	Fem	Local	Desloc	Total
Administração	17	17	28	6	34
Ciências Contábeis	15	15	25	5	30
Direito	20	11	24	7	31
Enfermagem	5	27	23	9	32
Fisioterapia	11	21	24	8	32
Recursos Humanos	6	27	22	11	33
Logística	19	16	27	8	35
Pedagogia	6	27	21	12	33
Sistemas de Informação	27	5	23	9	32
Serviço Social	0	31	25	6	31
Total	**126**	**197**	**242**	**81**	**323**

Quadro 1: Características da amostra Fonte: Criado pelos autores (2019)

Conforme é possível concluir a partir das informações apresentadas, dos quatrocentos alunos pesquisados, trezentos e vinte e três, ou 81% do total, sofreram reprovação durante

os dois primeiros semestres iniciais dos seus cursos, passando assim a compor a amostra definida pelos autores para a confecção do presente estudo científico.

A partir do quadro anterior, é possível depreender que 61% da amostra é composta por pessoas do gênero feminino e, por conseguinte, 39% da amostra é composta por pessoas do gênero masculino. A predominância feminina repete-se nos cursos de Enfermagem, Fisioterapia, Pedagogia e Recursos Humanos, no curso de Serviço Social, a totalidade da amostra é de pessoas do gênero feminino. Por seu turno, a predominância masculina é registrada nos cursos de Direito, Logística e Sistemas de Informação. Já os cursos de Administração e Ciências Contábeis, apontam rigorosos empates.

No tocante a alunos em deslocamento, ou seja, que não nasceram na mesma cidade em que estavam matriculados para os cursos presenciais em pauta, a marca total atinge 25%, resultado idêntico ao apurado o curso de Fisioterapia. Os cursos com menor ocorrência de alunos em deslocamento são Administração, Ciências Contábeis e Serviço Social, todos com percentual menor que 20%. Por outro lado, os cursos com maior ocorrência de alunos em deslocamento são Recursos Humanos e Pedagogia, com 33% e 36%, respectivamente.

	Evasão após 1° semestre	Evasão após 2° semestre	Evasão posterior	Conclusão do curso
Administração	35%	25%	32%	9%
Ciênc. Contábeis	27%	20%	47%	6%
Direito	10%	38%	34%	18%
Enfermagem	41%	3%	35%	21%
Fisioterapia	31%	25%	18%	26%
Rec. Humanos	36%	12%	17%	35%
Logística	31%	15%	28%	26%
Pedagogia	36%	22%	21%	21%
Sist. Informação	13%	21%	57%	9%
Serviço Social	6%	17%	45%	32%
Total	25%	20%	33%	22%

Quadro 2: Resultados da amostra Fonte: Criado pelos autores (2019)

No total da amostra pesquisada, a evasão após o primeiro semestre foi de 25% e após o segundo semestre, mantendo como referência o total da amostra pesquisada, foi de 20%, perfazendo um nível total de evasão de 45% dos alunos reprovados durante os dois semestres iniciais dos seus cursos. Outros 33% dos alunos evadiram dos cursos após semestres posteriores, resultando na conclusão de apenas 22% da amostra trabalhada.

O curso de bacharelado em Enfermagem foi aquele que apresentou o mais alto índice de evasão após o primeiro semestre do curso entre os alunos com reprovação em uma ou mais disciplinas, com destacados 41% de evasão. Já após o segundo semestre, o curso registrou o menor índice de evasão, com também destacados 3%. Outros 35% dos alunos da amostra evadiram após os semestres posteriores, o que gerou um índice de conclusão de curso na amostra de 21%, ligeiramente inferior ao índice de 22% da amostra completa.

O curso de bacharelado em Serviço Social, de amostra exclusivamente feminina, foi aquele que apresentou o menor nível de evasão após o primeiro semestre do curso entre os alunos com reprovação em uma ou mais disciplinas, com apenas 6% de evasão. Após o segundo semestre, esse percentual sobe para 17%, somando 23% nos dois semestres iniciais. A evasão em semestres posteriores atingiu o percentual de 45%, somando 68%

de evasão total. Com isso, o percentual de alunos que concluíram o curso chegou a 32%, o segundo melhor resultado da amostra.

O curso de licenciatura em Pedagogia indicou evasão após o primeiro semestre do curso entre os alunos com reprovação, de 36%. Após o segundo semestre, esse percentual indicou 22%, somando relevantes 58% nos dois semestres iniciais, maior marca da amostra. A evasão em semestres posteriores indicou o percentual de 21%, indicando o percentual de 79% de evasão total. Por consequência, o percentual de alunos que concluíram o curso indicou 21%, também ligeiramente inferior ao índice de 22% da amostra completa.

O curso de bacharelado em Ciências Contábeis apontou o nível de evasão após o primeiro semestre do curso entre os alunos com reprovação em uma ou mais disciplinas, de 27%. Após o segundo semestre, apontou o nível de evasão de 20%, apontando 47% de evasão nos dois semestres iniciais. A evasão em semestres posteriores apontou outros 47%, apontando o total de 94% de evasão total. Com isso, o curso apontou o mais baixo nível de conclusão da amostra com apenas 6%.

O curso de tecnologia em Recursos Humanos marcou expressivos 36% de evasão após o primeiro semestre do curso. Após o segundo semestre do curso, essa marca foi a 12%. Em semestres posteriores a marca atingida foi de 17%, marcando um somatório de 65% de evasão total. O resultado disso é a expressiva marca de 35% de conclusão de curso entre alunos que foram reprovados em uma ou mais disciplinas em um dos dois semestres iniciais dos seus cursos, consistindo esse no melhor resultado da amostra da pesquisa, especificamente no tópico que trata da conclusão de curso por parte dos alunos pesquisados.

4.2 Grafo implicativo

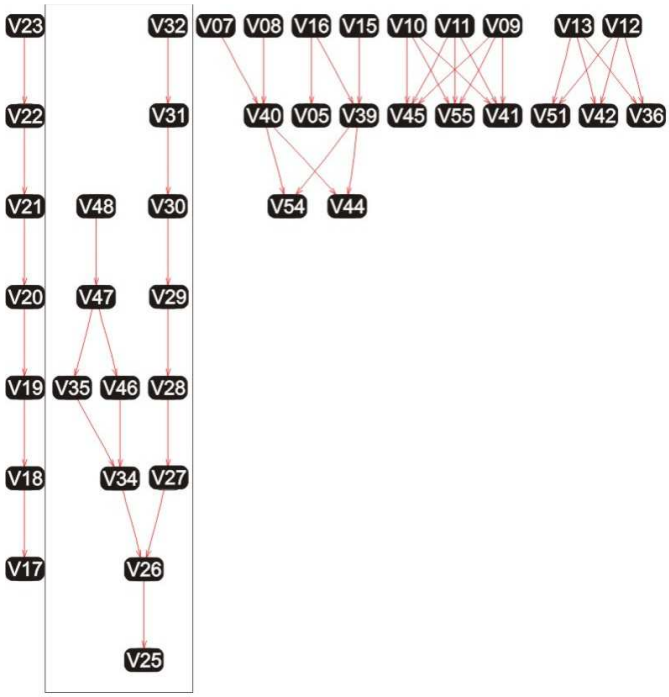


Gráfico 1: Grafo implicativo Fonte: Criado pelos autores (2019)

Em virtude das pequenas variações apresentadas pelo restante do grafo implicativo, conforme pode ser percebido na imagem, apenas os caminhos implicativos incluídos no trecho destacado são descritos a seguir e analisados pelo presente artigo.

4.3 Caminhos implicativos 01 a 03

C01: V48 ► V47 ► V35 ► V34 ► V26 ► V25
C02: V48 ► V47 ► V46 ► V34 ► V26 ► V25
C03: V32 ► V31 ► V30 ► V29 ► V28 ► V27 ► V26 ► V25

Quadro 3: Caminhos implicativos 01 a 03 Fonte: Criado pelos autores (2019)

O caminho C01 mostra que parte dos alunos que concluíram os seus cursos após terem sido reprovados em disciplinas nos dois semestres iniciais, necessitaram de mais um (V47) ou dois (V48) semestres para alcançar a conclusão dos seus cursos (V46).

Já o caminho C02 mostra que outra parcela dos alunos que foram reprovados nos dois semestres iniciais, mesmo usando um (V47) ou dois (V48) semestres, além da previsão mínima para isso, não lograram a conclusão dos seus cursos, não respondendo positivamente à variável V46.

O caminho C03 aponta a quantidade de disciplinas em que o aluno foi reprovado no segundo semestre do curso, além de uma variável que indica a renovação da matrícula do aluno para o segundo semestre do curso (V25). Com isso fica claro que é mínima a quantidade de alunos que evadem dos seus cursos em função das reprovações ocorridas no primeiro semestre.

Os caminhos C01 e C02 divergem a partir da variável V47 (o aluno precisou de apenas mais um semestre para concluir o curso), quando são distinguidos pela presença das variáveis V35 (aluno voltou a ser reprovado em semestres posteriores) e V46 (o aluno concluiu o curso). O referido arco aponta uma metarregra que pode ser percebida a partir da análise do grafo implicativo. No caso, é possível depreender que há alunos que após a reprovação ou as reprovações nos dois semestres iniciais do curso, logram diretamente a conclusão dos seus cursos sem a reincidência de reprovações, conforme taçado no caminho implicativo C03, mas há outros alunos que reincidem em reprovações, mesmo após as reprovações nos dois semestres iniciais do curso. Fica assim franqueada a conclusão que, as reprovações nos dois semestres iniciais do curso não são indicadores objetivos acerca da possibilidade de conclusão do curso.

A metarregra extraída da presente análise derruba uma percepção corrente no senso comum do ambiente de realização da pesquisa, de que a reprovação em disciplinas dos dois semestres iniciais do curso superior é fator de fomento à evasão dos alunos reprovados.

5 Conclusões

O estudo apresentado não registra diferenças de desempenho entre os dez cursos envolvidos na pesquisa, bacharelados em Administração, Ciências Contábeis, Direito, Enfermagem, Fisioterapia, Sistemas de Informação e Serviço Social, tecnólogos em Gestão de Recursos Humanos e Logística, além da licenciatura em Pedagogia.

Assim como o estudo não aponta variações significativas de desempenho entre alunos naturais da cidade onde os dados foram levantados e alunos em deslocamento. O mesmo resultado pode ser observado para as diferenças pesquisadas de gênero e de faixa etária.

Outra conclusão franqueada pelo presente estudo versa acerca da não evasão de alunos que foram reprovados em disciplinas dos dois semestres iniciais, visto que a maior parte segue desses segue no curso e significativa parcela chega a lograr a conclusão do seu curso de nível superior. O que significa que a reprovação em disciplinas dos dois semestres iniciais não causa perda de receita à instituição pesquisada, conforme descrevem Silva Filho *et al* (2007). Também é possível refutar, ao menos no caso em tela, que um dos maiores impactos da reprovação é a evasão, conforme preconizam Lotufo (1998), Silva e Pereira (2009).

Ademais, as conclusões obtidas pelo presente artigo, refutam a ideia de que a avaliação funciona enquanto ferramenta de redução do nível de evasão, conforme constatado em pesquisa por Baggi e Lopes (2010), visto que, se a reprovação não é fator significativo para o nível de evasão, o gerenciamento da avaliação enquanto vetor de inibição da evasão torna-se inócuo.

No entanto, o estudo mostra ainda que as reprovações em disciplinas dos dois semestres iniciais não servem como um alerta para que esses alunos mudem o seu comportamento, alterando o seu desempenho acadêmico, pois parcela bastante significativa desses alunos volta a sofrer reprovações em disciplinas de semestres posteriores. Tal conclusão destoa da ideia que a reprovação gera desânimo, sentimento de revolta, humilhação e até influenciar negativamente a autoestima do aluno, como prega Silva et ali (2005), visto que, na amostra tratada, a maior parte dos indivíduos estudados seguiram no curso e parte significativa logrou a conclusão do seu curso.

Uma reflexão que precisa ser feita é com relação aos processos acadêmicos que desembocam nas reprovações. Todos os processos podem ser falhos, no entanto, o mais questionado é a avaliação. Segundo Luckesi (2008), a prática contemporânea das avaliações preserva traços antigos, até mesmo da pedagogia jesuítica, que data do século XVI e buscava excluir grande parte das pessoas interessadas em seguir no processo educativo, o que alinha-se à ideia de que mesmo em plena cibercultura, usamos modelos ultrapassados, caracterizados pelo autoritarismo e pela arbitrariedade. (Lemos, 2002).

A relação entre os processos avaliativos e as reprovações merece uma acurada investigação, pois é possível que essa relação seja clara ou mesmo direta e essa certeza poderia orientar processos avaliativos aprimorados, capazes de melhor avaliar o desempenho dos alunos, reduzindo a ocorrência das reprovações e dos seus efeitos negativos previstos em teoria, conforme descrito por Lotufo (1998), Silva et ali (2005) e Silva e Pereira (2009), no referencial teórico do presente trabalho. Baggi e Lopes (2010) confirmam que essa relação é pouco estudada e compreendida, consistindo em campo de relevante interesse a ser explorado.

Referências

[1] BAGGI, C. e LOPES, D. (2011) Evasão e avaliação institucional no ensino superior: uma discussão bibliográfica. *Revista Avaliação*, Campinas/Sorocaba, v. 16, n. 2, pp. 355-374, Jul. 2011.

[2] BOURDIEU, P. e L. BOLTANSKI. (1998) O diploma e o cargo. In: NOGUEIRA, M. e A. CATANI. *Escritos de educação*. Vozes, Petrópolis.

[3] BRUNO, A. e M. MORAES. (2006) O enfoque da complexidade e dos aspectos afetivos-emocionais na avaliação da aprendizagem em ambientes *on line*. In: SILVA, M. e E. SANTOS (orgs.). *Avaliação da aprendizagem on line*. Loyola, São Paulo.
[4] CERVO, A. e P. Bervian, P. (2003) *Metodologia científica*, Prentice Hall, São Paulo.
[5] CORDIÉ, A. (1996) *Os atrasados não existem*, Artmed, Porto Alegre.
[6] DEMO, P. (1998) *Questões para a tele-educação*, Vozes, Petrópolis.
[7] FREIRE, P. (1996) *Pedagogia da autonomia*, Paz e Terra, São Paulo.
[8] FREIRE, P. (2005) *Pedagogia do oprimido*, Paz e Terra, Rio de Janeiro.
[9] FREIRE, P. e I. SCHOR. (2008) *Medo e ousadia*, Paz e Terra, São Paulo.
[10] GAIOSO, N. (2005) O fenômeno da evasão escolar na educação superior no Brasil. Dissertação de Mestrado em Educação. *Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Católica de Brasília*.
[11] GIL, A. (2009) *Estudo de caso*, Atlas, São Paulo.
[12] GIL, A. (1999) *Métodos e técnicas de pesquisa social*, Atlas, São Paulo.
[13] GRAS, R.; ACIOLY-REGNIER, N. (2017) Hiérarchie de règles en A.S.I. et conceptualisation. In: GRAS, R.; REGNIER J.; LAHANIER-REUTER, D.; MARINICA, C.; GUILLET, F. *L'analyse statistique implicative. Des Sciences dures aux Sciences Humaines et Sociales*, Cépadues Editions, pp.369-378.
[14] GRAS, R.; RÉGNIER, J. (2015) Origem e desenvolvimento da Análise Estatística Implicativa (A.S.I.). In: *Uso do CHIC na formação de eduatores*, Letra Capital, Rio de Janeiro, p.22-45.
[15] HOFFMANN, J. (2004) *Avaliação, mito e desafio*, Mediação, Porto Alegre.
[16] KRATOCHWILL, S. (2009) *Fundamentos da educação a distância*, Armazém das Letras, Rio de Janeiro.
[17] LAKATOS, E. e M. MARCONI. (2010) *Fundamentos da metodologia científica*, Atlas, São Paulo.
[18] LEMOS, A. (2002) *Cibercultura*, Sulina, Porto Alegre.
[19] LIBÂNEO, J. (1994) *Didática*, Cortez, São Paulo.
[20] LIMA JUNIOR, A. e L. ALVES (2006) Educação e contemporaneidade. In: SILVA, M. e E. SANTOS, E. (orgs.). *Avaliação da aprendizagem on line*, Loyola, São Paulo.
[21] LOTUFO, A.; C. SOUZA JR.; M. COVACIC e J. BRITO (1998) Evasão e repetência na FEIS/UNESP, *Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia*, 26, 35-42.
[22] LUCKESI, C. (2008) *Avaliação da aprendizagem escolar*, Cortez. São Paulo.
[23] MALHOTRA, N. (2006) *Pesquisa de marketing*, Bookman, Porto Alegre.
[24] MARRAS, J. (2010) A gestão de pessoas na era do conhecimento. In: MARRAS, J. (Org) *Gestão estratégica de pessoas*, Saraiva, São Paulo.
[25] MATTAR, F. (2001) *Pesquisa de marketing*, Atlas, São Paulo.
[26] MOORE, M. e G. KEARSLEY. (2008) *Educação a distância*, Cengage Learning, São Paulo.
[27] NISKIER, A. (1998) *LDB, a nova lei da educação*, Consultor, Rio de Janeiro.
[28] PERRENAUD, P. (1999) *Avaliação*, Artmed, Porto Alegre.
[29] PIAGET, J. (1998) *Psicologia e pedagogia*, Forense, São Paulo.
[30] PIMENTEL, A. (2001) O método da análise documental, *Cadernos de Pesquisa*, 114, 179-195.

[31] PINTO, S. (2010) Uma análise dos currículos de Administração em EAD no Brasil, *Revista Competência*, v.3, n.2.
[32] RIBAS, P. (2001) Por que tanta gente repete?, *Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia*, 29.
[33] SÉCCA, R. e R. LEAL (2009) Análise do setor de ensino superior privado no Brasil, *BNDES.*
[34] SILVA, J. e M. PEREIRA (2009) Ameaça dos estereótipos no desempenho intelectual de estudantes universitários cotistas. In: LORDÊLO, J. e M. DAZZANI (orgs.) *Avaliação educacional,* EDUFBA, Salvador.
[35] SILVA, V. ; M. CORRÊA; R. TAKAHASHI e M. LIMA (2005) A reprovação no curso de Engenharia Elétrica do UNILESTE-MG, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 33.
[36] SILVA FILHO, R., MOTEJUNAS, P., HIPÓLITO O. e LOBO, M. (2007) A evasão no ensino superior brasileiro. *Cadernos de Pesquisa*, v. 37, n. 132, pp. 641-659, Set./Dez.
[37] VASCONCELOS, R.; L. ALMEIDA e S. MONTEIRO (2009) O insucesso e abandono acadêmico na universidade, VI International Conference on Engineering and Computer Education, 6.
[38] VIGOTSKY, L. (2007) *A formação social da mente,* Martins Fontes, São Paulo.
[39] YIN, R. (2005) *Estudo de caso,* Bookman, Porto Alegre.

PROPORCIONALIDAD COMO HERRAMIENTA ÓPTIMA EN LA RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA DE ECUACIONES

Miguel R. WILHELMI[1], Jaione ABAURREA[2], Aitzol LASA[3], Álvaro SÁENZ DE CABEZÓN[4]

LA PROPORTIONNALITÉ COMME OUTIL OPTIMAL POUR LA RÉSOLUTION D'UN PROBLÈME D'ÉQUATIONS

PROPORTIONALITY AS AN OPTIMUM TOOL IN EQUATION SOLVING PROBLEMS

RESUMEN

Este trabajo presenta un análisis didáctico de las resoluciones dadas por estudiantes de 2ºESO (13 años) a un problema recreativo clásico de Rusia, denominado "El problema del caftán". El reto se propuso a estudiantes de una Olimpiada matemática. El objetivo es aportar datos experimentales sobre la adecuación de los procedimientos de desarrollo de la noción de proporcionalidad en los primeros años de Educación Secundaria. El análisis cualitativo y estadístico de las soluciones confirma que el problema es apropiado para el desarrollo de tópicos algebraicos en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). En el estudio se emplean herramientas del análisis implicativo, a partir de las cuales se conforta una premisa del NCTM (*National Council of Teachers of Mathematics*), según la cual, la noción de proporcionalidad simple vertebra el currículo de matemáticas en la etapa de secundaria, por lo que las nociones algebraicas no se deberían tratar al margen de esta noción.

***Palabras-clave**: Álgebra, proporcionalidad simple, olimpiada matemática, análisis estadístico implicativo.*

RÉSUMÉ

Dans cet article on présente une analyse didactique des solutions d'un problème classique de la Russie en matière de loisirs, « Le problème du caftan », par des étudiants de collège (13 ans). Le défi a été proposé aux étudiants d'une Olympiade mathématique. L'objectif est de fournir des données expérimentales sur l'adéquation de procédures de développement de la notion de proportionnalité au début du Collège. L'analyse qualitative et statistique des solutions confirme que le problème est approprié pour le développement de l'algèbre dans l'Enseignement secondaire au Collège. Des outils d'analyse implicative utilisés permettent de conforter la prémisse du NCTM (*National Council of Teachers of Mathematics*) selon laquelle la notion de proportionnalité simple vertèbre le curriculum des mathématiques de l'Enseignement secondaire. Les notions algébriques ne devraient donc pas être traitées sans référence à cette notion.

***Mots-clefs** : Algèbre, proportionnalité simple, Olympiade mathématique, analyse statistique implicative.*

ABSTRACT

[1] UPNA (Spain), Dpto. Matemáticas, 31006 Pamplona, miguelr.wilhelmi@unavarra.es
[2] UPNA (Spain), Dpto. Matemáticas, 31006 Pamplona, jaione.abaurrea@unavarra.es
[3] UPNA (Spain), Dpto. Matemáticas, 31006 Pamplona, aitzol.lasa@unavarra.es
[4] UPNA (Spain), Dpto. Matemáticas, 31006 Pamplona, alvaro.saenzdecabezon@unavarra.es

In this paper, we present a didactical analysis of the resolutions given by Grade 8 students (13 years old) to a classic recreational problem in Russia, named “The Caftan Problem”. We proposed the problem to students who participated in a Mathematical Olympiad. The objective is to provide experimental data on the adequacy of the development procedures of the notion of proportionality in the first years of Secondary Education. The qualitative and statistical analysis of those solutions, confirms that the problem is appropriate for the development of algebraic topics at compulsory secondary education level. We used implicative analysis tools, which allows us to validate a premise from the NCTM (*National Council of Teachers of Mathematics*), which states, that notion of simple proportionality vertebrate the mathematics curriculum at this stage. Therefore, algebraic notions should not be given outside this notion.

Keywords: *algebra, simple proportionality, mathematical olympiad, implicative analysis.*

1 Introducción

La introducción y el desarrollo del lenguaje algebraico es característico de la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO; 12-16 años). Los estudiantes que terminan la Educación Primaria parten de conocimientos previos en aritmética y proporcionalidad, y avanzan paulatinamente en la adquisición y utilización de nociones y herramientas del álgebra, hasta finalizar la etapa con un nivel de maestría consolidado. En este sentido, las nociones algebraicas forman parte del diseño de la prueba y suponen un aspecto clave en la discriminación de las respuestas del alumnado.

Así, en este trabajo se analizan las propuestas de solución de los participantes de la Olimpiada a un problema de tipo aritmético-algebraico. Para el diseño y el análisis del problema, se toman como marco teórico y curricular las directrices del NCTM (2000) y los niveles de algebrización del Enfoque Ontosemiótico del conocimiento y de la instrucción matemáticos (EOS) (Godino et al., 2015).

Dentro de la metodología empleada en el estudio de las soluciones, se realiza tanto un análisis cualitativo de las distintas tipologías de respuestas y argumentos de los estudiantes, así como un análisis cuantitativo a partir de un análisis estadístico implicativo. Para obtener información adicional, los resultados de este problema se cruzan con las respuestas dadas por los mismos estudiantes a otros problemas de la prueba olímpica.

2 Marco curricular y niveles de algebrización

Los currículos nacionales deben ser sensibles a las consideraciones de entidades supranacionales que velan por el buen desarrollo de la educación. En matemáticas, la NCTM identifica seis principios básicos en educación matemática, entre los que destaca el principio del currículo, según el cual, “un currículum es algo más que una simple colección de actividades: debe ser coherente, enfocado a matemáticas importantes y bien articulado en los distintos niveles” (2000, p. 20). En los niveles relativos a estudiantes de 11-14 años, se identifica claramente que la noción de ratio o proporción es clave en la vertebración y articulación del currículo de matemáticas: aparece ligada a tipos de tareas en las que se articulan contenidos y técnicas algebraicas, y nociones funcionales de linealidad (Wilhelmi, 2017).

A su vez, el EOS (Godino et al., 2012, 2014, 2015a, 2015b) modeliza la adquisición de las nociones algebraicas en niveles de uso del álgebra, que van desde el puramente

aritmético en ausencia de lenguaje algebraico (nivel 0), hasta la consolidación del álgebra (nivel 3), pasando por niveles en los que el uso del álgebra es incipiente (nivel 1) o intermedio (nivel 2). En la etapa de ESO, el estudiante recorre paulatinamente estos niveles, por lo que el tipo de lenguaje que utiliza en su propuesta de resolución a un problema matemático corresponderá necesariamente a alguno de ellos.

La progresiva adquisición de los niveles de utilización del álgebra se desarrolla en varias dimensiones o contextos en paralelo (figura 1), en los que se desarrolla la notación simbólica (a partir de un lenguaje natural y numérico, que incorpora eventualmente información icónica o gestual), se realizan cálculos con objetos matemáticos cada vez más complejos y generales, o se generalizan fórmulas a partir del estudio de casos particulares y siguiendo procedimientos inductivos y deductivos.

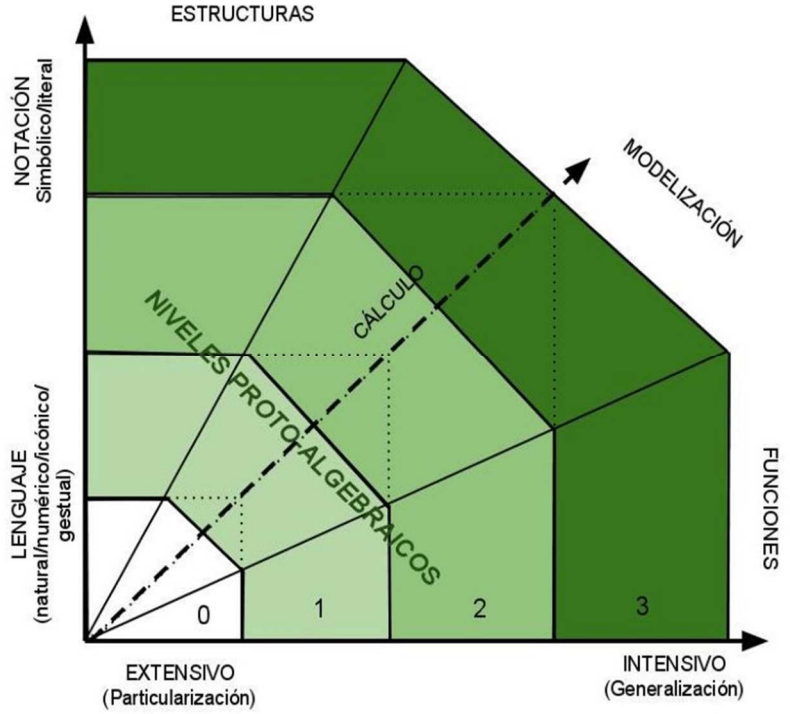


Figura 1 – Desarrollo de los niveles de utilización del álgebra (EOS)

Por regla general, los documentos curriculares tienden a organizar los contenidos matemáticos por bloques (GN, 2015). Por ello, las indicaciones del NCTM y los niveles de algebrización aportan herramientas adicionales para el diseño de tareas matemáticas y su posterior análisis. Junto con estas teorías, la Teoría de situaciones didácticas en matemáticas (TSDM) (Brousseau, 2007) contribuye al marco teórico, añadiendo herramientas que permiten identificar fenómenos didácticos.

3 El problema del caftán en la Olimpiada Matemática

La Olimpiada tiene lugar un sábado por la mañana y es, pues, un día festivo que excede lo puramente académico. Anualmente participan alrededor de 150 estudiantes, todos ellos voluntarios, que trabajan por parejas, de manera que la actividad matemática se enriquece de los momentos de *acción* (posicionamiento y toma de decisión ante un problema hasta el momento desconocido), *formulación* (comunicación correcta y efectiva de las distintas ideas al compañero) y *validación* (confrontación de ideas, acuerdo sobre

la mejor opción y comprobación de la estrategia ganadora) propios de una *situación adidáctica* (Brousseau, 2007). Así, cada pareja debe discutir, valorar y acordar una única respuesta para cada problema, que entregan al tribunal evaluador.

La prueba consta de 6 problemas que requieren la aplicación de distintas habilidades matemáticas de distintas áreas: aritmética, geometría, combinatoria o azar, lógica, etc. Los estudiantes disponen de 2 horas para resolver los problemas, sin limitación sobre el orden de resolución o el tiempo dedicado a cada uno de ellos. De esta forma, cada pareja se organiza como considera más adecuado. El problema que se analiza a continuación se denominó *El problema del caftán*. Se trata de un problema popular, lúdico y recreativo proveniente de la tradición rusa, y que ocupaba el segundo lugar en la prueba de 2018. En enunciado es el que sigue:

> "El amo contrató a un trabajador para un año y prometió pagarle 12 rublos y un caftán. Pero éste, después de haber trabajado 7 meses quiso marcharse. Una vez hechas las cuentas recibió el caftán y 5 rublos. ¿Cuánto cuesta el caftán?" (Nesterenko, Olejnik, Potákov, 47, 1994).

Con el ánimo de evitar cualquier dificultad en la comprensión del enunciado, se pone a disposición de los participantes la definición y una imagen de un hombre vestido con caftán (figura 2).

Figura 2 – Hombre kurdo con caftán (Museo Nacional de Georgia)

Se trata de un buen problema para la discusión entre iguales, ya que permite múltiples soluciones en distintos niveles de algebrización. A continuación se muestran distintas resoluciones de nivel 0 (método aritmético), y nivel 4 (algebraico avanzado), pasando por niveles intermedios 1, 2 y 3.

3.1 Resolución de nivel 0 de algebrización del problema del caftán

Una solución aritmética de nivel 0 se caracteriza por la ausencia de lenguaje algebraico; en su lugar, se emplea un lenguaje natural y numérico en el que las definiciones de las variables juegan una función de "etiqueta" que permite diferenciar la categoría o el significado de cada número:

$$\begin{cases} 12\ meses\ trabajados\ equivale\ a\ 12\ rublos\ y\ un\ caftán \\ 7\ meses\ trabajados\ equivale\ a\ 5\ rublos\ y\ un\ caftán \end{cases} \quad (1)$$

De (1) se deduce que 5 meses trabajados equivalen a 7 rublos (el valor del caftán desaparece de la expresión); es decir, al mes un sueldo equivalente a 7/5 rublos o 1 rublo y 40 céntimos de rublo. Multiplicando esta cantidad por 7 meses trabajado, se obtienen

9,8 rublos, y restando los 5 rublos pagados al contado, se tiene que el caftán cuesta 4 rublos y 80 céntimos de rublo.

3.2 Resolución de nivel 3 de algebrización del problema del caftán

La progresiva introducción de notación simbólica y algebraica modifica la presentación del argumento. Así, en una resolución-tipo consolidada de nivel 3, se puede razonar definiendo una única variable "*r*" que represente la paga en rublos por mes. Así en 7 meses se cobra "7*r*"; en 12 meses, se obtiene "12*r*", es decir, "*r*" es la constante de proporcionalidad. En este caso se tiene que en 12 meses se cumple la ecuación "12*r* = 12 + *c*"; en 7 meses, "7*r* = 5 + *c*". Así, despejando "*c*" en ambas ecuaciones e igualando se tiene:

$$12r - 12 = 7r - 5 \Leftrightarrow 5r = 7 \Leftrightarrow r = \frac{7}{5} \quad (2)$$

De tal forma, a partir del resultado de (2), se concluye que en 7 meses se recibirían 9,8 rublos al contado. Así, dado que ha recibido 5 rublos y un caftán, este debe valer 4,8 rublos. De hecho, la función lineal cobro "*C*=(7/5)*m*" representa la cantidad total de rublos recibidos (*C*) según el número de meses (*m*) (figura 3).

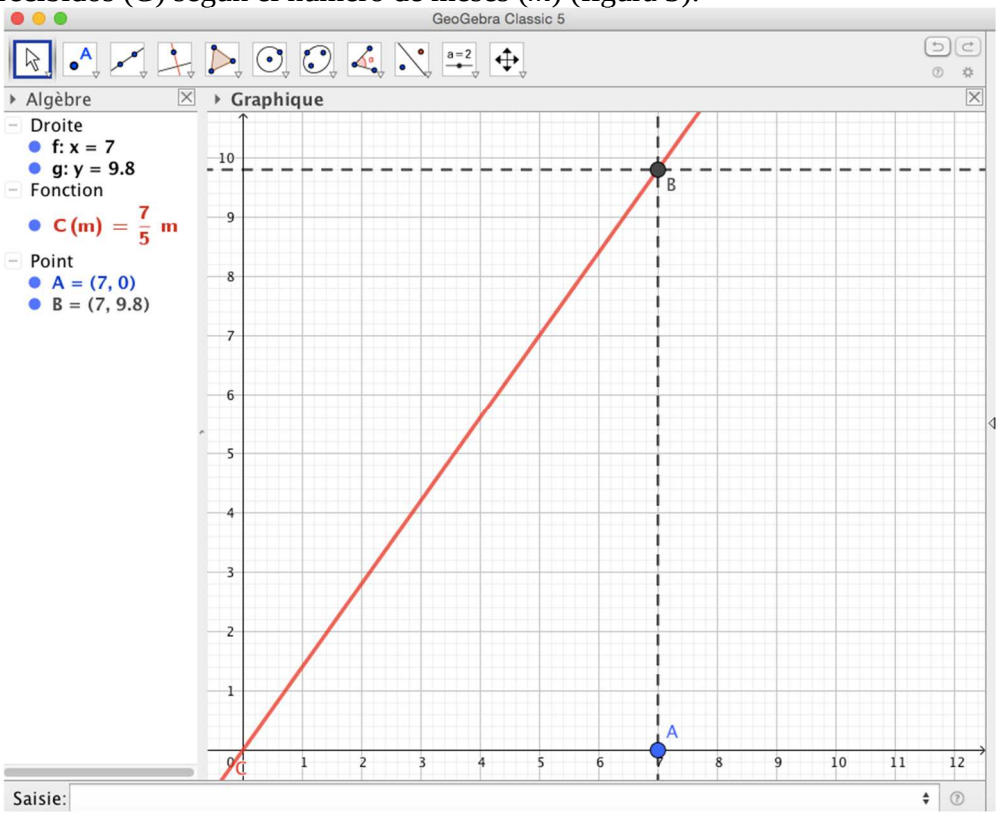


Figura 3 – Función lineal cobro "*C*=(7/5)*m*" con GeoGebra (GGB)

También se podría partir del dato dado del número de meses trabajados (7) y establecer dos funciones afines "pago" donde la única incógnita es el precio del caftán:

– Función "real": $y = 5 + c$.

– Función "proporcional" (al número de meses trabajados):

$$y = \frac{7}{12} \times (12 + c) = 7 + \frac{7c}{12}$$

Dado que tras un año recibiría "12+c" en siete meses deber recibir la parte proporcional, que resulta de dividir el cobro anual entre 12 y multiplicarlo por 7.

El valor "c" es el que hace que ambos pagos sean iguales:

$$5 + c = 7 + \frac{7c}{12} \Leftrightarrow 60 + 12c = 84 + 7c \Leftrightarrow 5c = 24 \Leftrightarrow c = \frac{24}{5} = 4{,}8$$

La interpretación gráfica del valor "c" es pues el valor de la abscisa común a las funciones "real" y "proporcional" y, por lo tanto, representa la primera coordenada del punto de intersección de ambas funciones (figura 4).

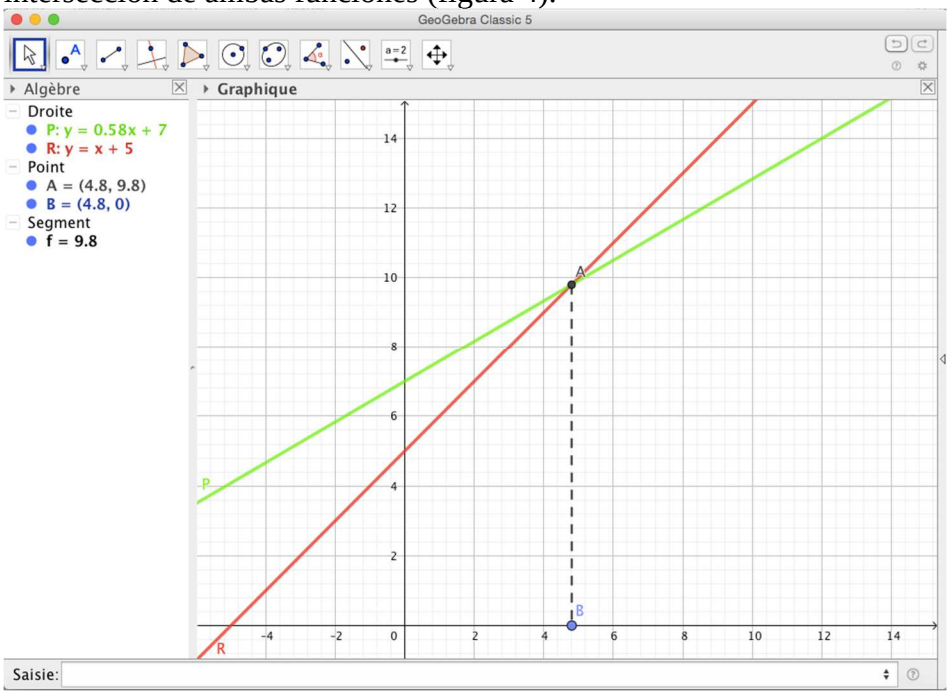


Figura 4 – Intersección de las funciones "Pago" con GGB

3.3 Resolución de niveles 1-2 de algebrización del problema del caftán

Las dos soluciones-tipo mostradas en los anteriores apartados corresponden a soluciones extremas de tipo aritmético (nivel 0) o algebraico consolidado (nivel 3). Sin embargo, se puede asimismo obtener el valor del caftán por métodos de niveles de algebrización intermedios. Por ejemplo, con base en las funciones "real" y "proporcional", se puede aplicar el método *regula falsi* para la obtención de aproximaciones sucesivas, que se pueden organizar en una tabla. Esta tarea se podría optimizar mediante una hoja de cálculo (figura 5).

	A	B	C	D
1		Pago		
2	Caftán (c)	Real: R (y=5+c)	Proporcional: P (y=7+7*c/12)	Diferencia: D (D=R-P)
3	12	17	14	3
4	11	16	13,42	2,58
5	10	15	12,83	2,17
6	9	14	12,25	1,75
7	8	13	11,67	1,33
8	7	12	11,08	0,92
9	6	11	10,5	0,5
10	5	10	9,92	0,08
11	4	9	9,33	-0,33
12	3	8	8,75	-0,75
13	2	7	8,17	-1,17
14	1	6	7,58	-1,58
15	4,9	9,9	9,86	0,04
16	4,8	9,8	9,8	0
17	4,7	9,7	9,74	-0,04

Figura 5 – Aplicación de método *regula falsi* con Excel

Las soluciones dadas para los distintos niveles de algebrización no son únicas. De hecho se podría aplicar una "regla de tres" (c: caftán):

Cobro		Meses
12+c	----------	12
5+c	----------	7

De esta forma, se tiene:

$$\frac{12+c}{5+c} = \frac{12}{7} \Leftrightarrow 7(12+c) = 12(5+c) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 84 + 7c = 60 + 12c \Leftrightarrow 24 = 5c \Leftrightarrow c = \frac{24}{5} = 4{,}8$$

De esta forma, las resoluciones dadas no son exhaustivas, únicamente se muestra cómo el problema puede ser resuelto de diferentes formas, dado que en la experimentación que sigue se analiza la resolución por los estudiantes y la relación que estás resoluciones tienen con la competencia matemática de los mismos.

En los siguientes apartados, se describe la experimentación: población, muestra, resultados y su discusión.

4 Población y muestra

La población son estudiantes de 2º ESO (13-14 años) con un rendimiento óptimo en matemáticas y con gusto por la disciplina. De hecho, la Olimpiada Matemática se realiza fuera del contexto escolar ordinario y tiene un carácter optativo.

La muestra del estudio se compone de 138 estudiantes que trabajan por parejas, es decir, se analizan 69 resoluciones al problema. Los estudiantes se emparejan al azar, con la condición de que ambos estudiantes no pertenezcan al mismo centro educativo; se evita así que los estudiantes se conozcan previamente, procurando la igualdad de condiciones para todos los participantes.

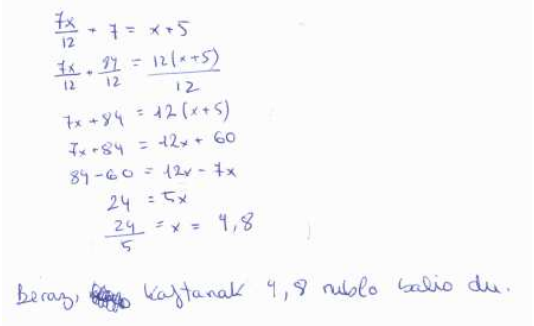
La elección de los estudiantes en los centros se realiza por criterio exclusivo de los centros educativos participantes. Así, en centros con muchos candidatos, se han podido realizar pruebas eliminatorias previas para la elección de participantes; en algunos centros se habrá trabajado con el estudiante tareas "tipo olimpiadas", y en otros no, etc.

5 Resultados

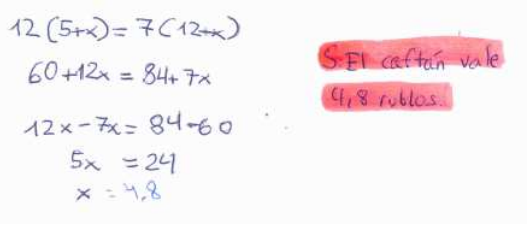
Todos los participantes aportan solución al problema, es decir, ningún participante entrega una solución en blanco. Además, un tercio revisa los cálculos del problema a partir de cálculos complementarios, empleando una técnica alternativa (23 revisiones, 33%). Por ello, la utilización de una técnica particular no es excluyente del uso de otra.

El éxito global en la resolución del problema es alto si se compara con otros problemas de la prueba: 27 soluciones correctas (39%). La variedad de respuestas muestra la riqueza de estrategias que tienen los estudiantes para atacar la resolución de problemas de tipo aritmético o algebraico.

La mayoría (24 soluciones, 35%) plantea una ecuación con una incógnita que modeliza el problema; es decir, utiliza el método de igualación sobre la incógnita que representa el valor del caftán, sin llegar a emplear símbolo alguno para codificar otras variables del problema, como el precio unitario a pagar por cada mes. A continuación, resuelve la ecuación y obtiene el precio del caftán. En la figura 6 se muestran dos soluciones correctas que ejemplifican el uso de una ecuación de primer grado.



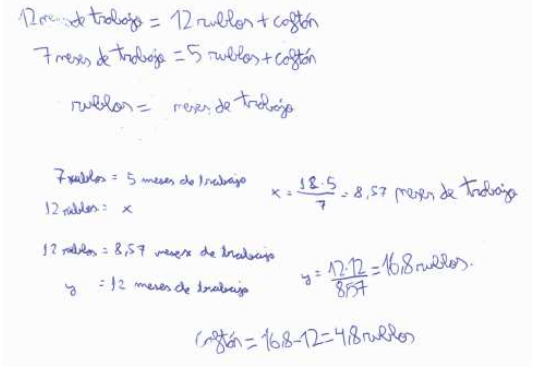
6a. Lectura lineal de los datos de enunciado. Ecuación de coeficientes racionales.



6b. Analisis previo proporcional.Ecuación de coeficientes enteros.

Figura 6 – Método de igualación

En la figura 7 se muestran ejemplos de soluciones correctas que utilizan únicamente números y operaciones; a lo sumo, un símbolo con el significado de “valor numérico desconocido”, pero que no es manipulado.



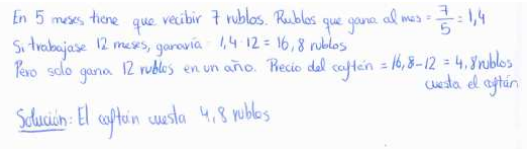
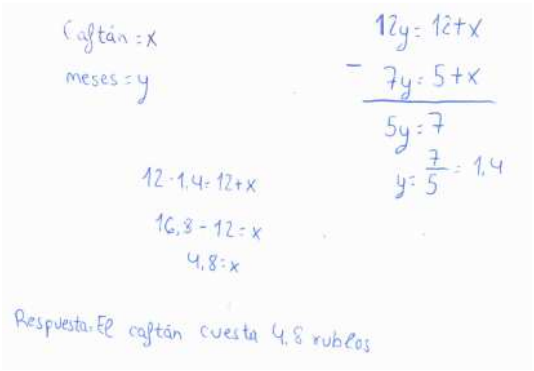
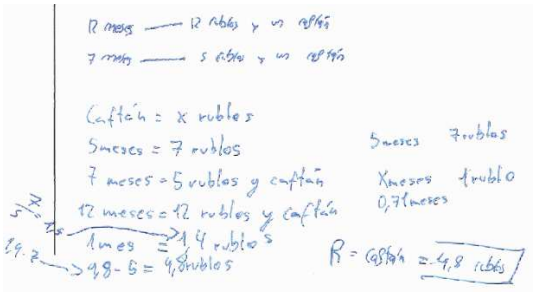


Figura 7 – Proporcionalidad simple

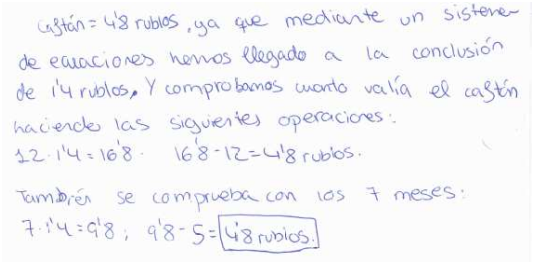
Las soluciones anteriores son de nivel 3 (figura 6) o de nivel 0-1 (figura 7). Dentro de las estrategias que permiten resolver el problema con éxito está el uso del método de reducción mediante un sistema 2 ecuaciones con 2 incógnitas. Este método es utilizado por 12 participantes (17%). En la figura 8 se muestran algunas soluciones correctas mediante este método según niveles de algebrización.

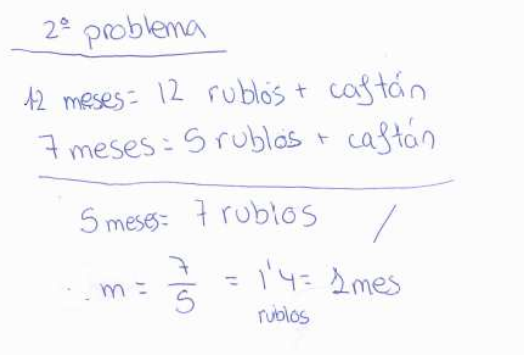


8a. Nivel 3 de algebrización.



8b. Nivel 1 de algebrización.





8c. Nivel 1 de algebrización.

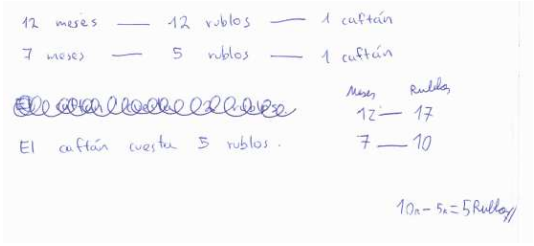
Figura 8 – Método de reducción y niveles de algebrización

Estas tres estrategias (ecuación de una incógnita, técnicas de proporcionalidad simple, sistema con dos ecuaciones) son pertinentes para resolver el problema planteado. En total, el 59% de los participantes se decanta por al menos una de estas estrategias y un tercio (33%) emplea al menos dos de ellas para revisar o asegurar la solución obtenida (tabla 1).

Técnicas empleadas	**Porcentaje**
Tecno 1 - Plantea una ecuación de una incógnita y resuelve por el método de igualación	35%
Tecno 2 - Emplea un argumento de proporcionalidad simple	30%
Tecno 3 - Plantea un sistema de dos ecuaciones y resuelve por el método de reducción	17%
Uso de varias técnicas	
Revisa el resultado por más de un método, emplea al menos dos de las técnicas	33%
Uso global	
Participantes que utilizan alguna de las tres técnicas descritas (Tecno 1, 2 o 3)	59%

Tabla 1 – Porcentaje de utilización de técnicas

Los participantes que emplean otras técnicas distintas a estas tres previamente comentadas no resuelven correctamente el problema. Dentro de las estrategias fallidas, encontramos el uso de técnicas de proporcionalidad compuesta utilizada por el 14% de las parejas (figura 9).



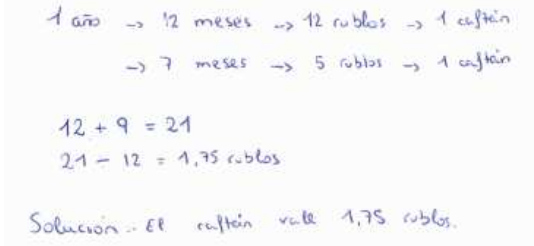


Figura 9 – Estrategia errónea: uso de proporcionalidad compuesta

Por último, cabe reseñar una técnica aritmética errónea, pero sin embargo de amplia difusión (aparece en el 27% de las soluciones), según la cual el caftán valdría 2 rublos (figura 10). En este caso, el error consiste en omitir desde el inicio el precio del caftán, suponiendo como sueldo único el pago mensual de un rublo, y que el caftán es una suerte de regalo que viene a sustituir el pago en rublos.

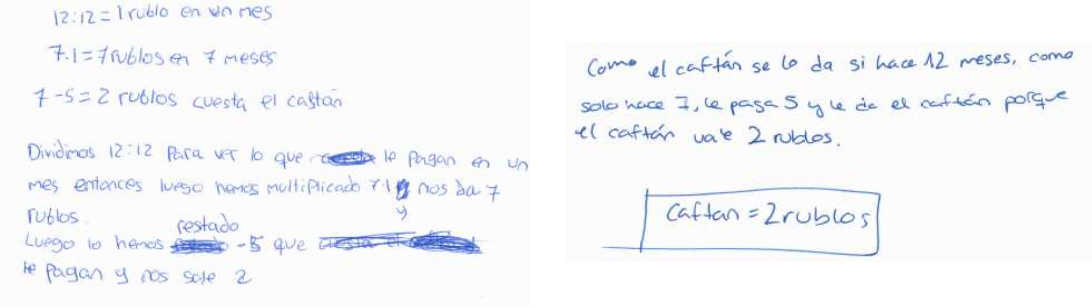


Figura 10 – Estrategias erróneas: el caftán como regalo que sustituye al rublo

6 Discusión de resultados

Los resultados de la tabla 1 se prestan al tratamiento de datos mediante un análisis estadístico implicativo (Gras et al., 2008). La tabla 2 sintetiza las variables utilizadas.

Código	Descripción de la variable
V1	Resuelve por un procedimiento de proporcionalidad simple
V2	Resuelve por un sistema de ecuaciones, método de reducción
V3	Resuelve por una ecuación de una incógnita, método de igualación
V4	Resuelve por un procedimiento de proporcionalidad compuesta
V5	Resuelve por falsa proporción: el caftán vale 2 rublos
V6	Revisa el resultado y lo comprueba por más de un método
V7	La solución es correcta (precio del caftán = 4,8 rublos)
V8	Muestra un nivel algebraico consolidado (nivel 3)

Tabla 2 – Variables internas en el problema del caftán

Se miden en primer lugar los índices de similitud entre variables (tabla 3). Se puede decir que la variable 1 guarda relación con las variables 3, 6 y 7. Es decir, el uso del procedimiento de proporcionalidad simple aparece ligado al uso del método de igualación (ambos procedimientos se emplean de manera complementaria) y a la obtención de la solución correcta. La variable 3, por su parte, guarda relación, además de con la variable 1, con las variables 6, 7 y 8. En este sentido, los estudiantes que emplean el método de igualación emplean técnicas de proporcionalidad para plantear la ecuación a resolver, y obtienen la solución correcta, mediante una propuesta que emplea un nivel de lenguaje algebraico consolidado (nivel 3).

	V1	V3	V6	V7	V8
V1		0.98	0.97	1.00	
V3	0.98		0.92	0.93	0.99
V6	0.97	0.92		0.95	0.99
V7	1.00	0.93	0.95		0.97
V8		0.99	0.99	0.97	

Tabla 3 – Índices de similitud mayores que 0,95.

Las fuertes relaciones existentes entre estas variables se pueden observar, asimismo, en el árbol de similitud que las agrupa por componentes (figura 11). Las variables 1 y 7 forman un nodo principal, es decir, el uso de técnicas de proporcionalidad se vincula fuertemente con la obtención de la solución correcta. En la segunda rama confluyen las variables 6 y 8 (frecuencias), que indican la relación entre revisar el resultado por más de un método y un nivel de algebrización consolidado.

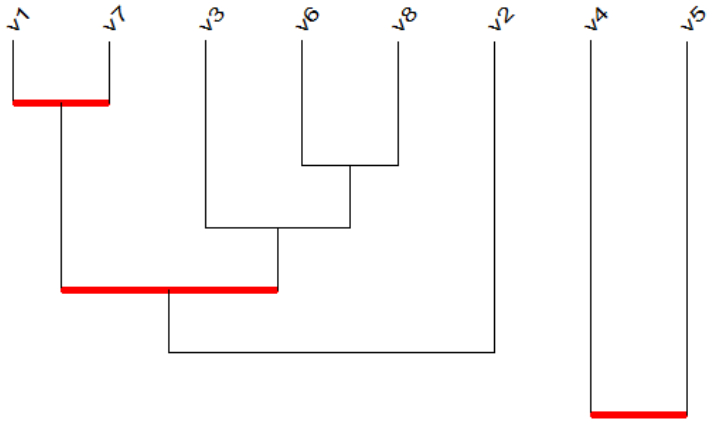


Figura 11 – Árbol de similitud

Gracias a los índices de similitud se obtiene información clave para poder agrupar las tipologías de soluciones de los estudiantes, y se observan así dos ramas principales en el árbol de similitud. Esta información se puede complementar con en el gráfico implicativo, para definir la direccionalidad en las relaciones antes observadas.

En particular, se vuelve a observar la fuerte relación entre las variables 1 y 7, según la cual, es muy improbable para la muestra que la relación entre el uso de la técnica de proporcionalidad simple y la resolución correcta del problema se deban al azar (implicación al 99%). Siguiendo con las relaciones fuertes, se tiene una relación al 95% entre el uso consolidado del lenguaje algebraico (variable 8) y la resolución por el método de igualación; asimismo, se tiene ese nivel de implicación con la revisión del resultado por un método alternativo. Existen implicaciones algo más débiles que confirman el extremo antes expuesto: el 90% de los estudiantes que emplean la proporcionalidad simple utiliza también el método de igualación; y el 90% de los estudiantes que muestra un nivel algebraico consolidado obtiene el resultado correcto (figura 12).

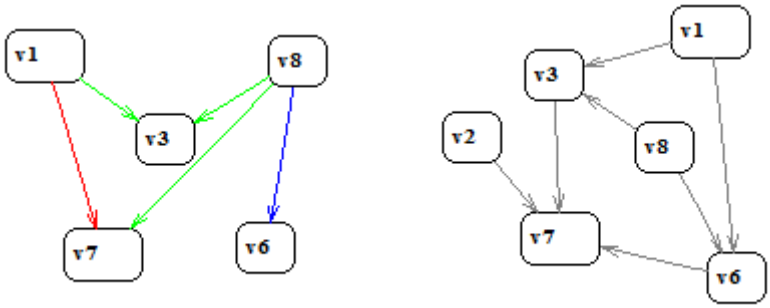


Figura 12 – Gráfico implicativo

El gráfico implicativo muestra otras relaciones “no tan altas” (al 85%), las cuales, sin embargo, son coherentes con lo mostrado anteriormente y no hacen más que reforzar los resultados. En síntesis, las estrategias ganadoras han sido, en este orden, la proporcionalidad simple, el método de igualación y el método de reducción. La mayor

tasa de éxito de las dos primeras, en comparación con la tercera, guarda relación con un nivel algebraico superior y con el uso integrado de las dos primeras estrategias como herramientas de control del resultado.

7 Conclusión

En este trabajo se conforta la vinculación de las nociones de proporcionalidad simple en el aprendizaje del lenguaje algebraico y de las técnicas algebraicas de resolución de ecuaciones. Las nociones de proporcionalidad no se deben relegar a un segundo plano en beneficio del uso descontextualizado de "recetas" algebraicas opacas, cuya utilización irreflexiva no garantiza una comprensión crítica de la tarea matemática. Las indicaciones de la NCTM, según las cuales las nociones de proporcionalidad simple vertebran el currículo de matemáticas en la Educación Secundaria, mantienen plena su vigencia, dado que el nivel de algebrización alcanzado por los estudiantes está relacionado con el uso de la proporción de forma eficaz y con medios de control de la actividad realizada.

El aprendizaje del álgebra es gradual en la etapa de ESO (12-14 años), y los estudiantes muestran distintos niveles de utilización del lenguaje algebraico, con independencia de las nociones, de las técnicas, o del tipo de argumentación que emplean en la resolución de un problema. En este sentido, y en coherencia con Lasa y Wilhelmi (2015), la caracterización de la resolución a un problema en función de los niveles de algebrización del EOS, aporta información útil para la comprensión de otras variables internas del análisis de una resolución, y es por ello, una herramienta teórica útil para analizar y caracterizar las resoluciones de los estudiantes.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto EDU2017-84979-R, del Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad.

Referencias

[1] Gaita, R., Wilhelmi, M. R. (2019). Desarrollo del Razonamiento Algebraico Elemental mediante Tareas de Recuento con Patrones. *Bolema*, 33(63), 269-289.

[2] Gobierno de Navarra (GN) (2015). Decreto Foral 24/2015, de 22 de abril, Currículo de las enseñanzas de educación secundaria obligatoria en la Comunidad Foral de Navarra. *Boletín Foral de Navarra* 127.

[3] Godino, J. D. Aké, L., Gonzato, M. y Wilhelmi, M. R. (2014). Niveles de algebrización de la actividad matemática escolar. Implicaciones para la formación de maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 199-219.

[4] Godino, J. D., Castro, W., Aké, L. y Wilhelmi, M. D. (2012). Naturaleza del razonamiento algebraico elemental. *BOLEMA*, 26 (42B), 483-511.

[5] Godino, J. D., Neto, T., Wilhelmi, M. R., Aké, L., Etchegaray, S. y Lasa, A. (2015a). Niveles de algebrización de las prácticas matemáticas escolares.

Articulación de las perspectivas ontosemiótica y antropológica. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, 8, 117-142.

[6] Godino, J. D., Wilhelmi, M. R., Neto, T., Blanco, T. F., Contreras, A., Díaz-Batanero, C., Estepa, A. y Lasa, A. (2015b). Evaluación de conocimientos didáctico - matemáticos sobre razonamiento algebraico elemental de futuros maestros. *Revista de Educación*, 370, 199-228.

[7] Gras, R., Suzuki, E., Guillet, F., Spagnolo, F. (Eds.) (2008). *Statistical Implicative Analysis. Theory and Applications*. Berlin: Springer.

[8] Lasa, A., Wilhelmi, M.R. (2015). Atando cabos, contando circunferencias. En J. M. Contreras, C. Batanero, J. D. Godino, G.R. Cañadas, P. Arteaga, E. Molina, M.M. Gea y M.M. López (Eds.), Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria, 2 (pp. 145-152). Granada, 2015.

[9] Lasa, A., Wilhelmi, M.R., Abaurrea, J. (2017). Formación activa del profesorado: uso de la transposición meta-didáctica en un curso GeoGebra. En FESPM (Ed.), VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (pp. 335-350). Madrid, 10-14 de Julio.

[10] National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston: Drive.

[11] Nesterenko, Y.V., Olejnik, S.N., Potápov, M.K. (1994). *Antiguos problemas recreativos en Rusia*. Bilbao: EHU.

[12] Wilhelmi, M. R. (2017). Proporcionalidad en Educación Primaria y Secundaria. En J. M. Contreras, P. Arteaga, G. R. Cañadas, M. M. Gea, B. Giacomone y M. M. López-Martín (Eds.), *Actas del Segundo Congreso International Virtual sobre el Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos*. Disponible en, http://enfoqueontosemiotico.ugr.es/civeos.html

LE FEEDBACK DANS L'ENSEIGNEMENT DES MATHEMATIQUES, UNE NOUVELLE APPROCHE AVEC LES APPLICATIONS DES RESEAUX SOCIAUX COMME TWITTER ET PERISCOPE

Tolga TEKIN[1]

THE FEEDBACK IN TEACHING MATHEMATICS, A NEW APPROACH WITH APPLICATIONS OF SOCIAL MEDIAS AS TWITTER AND PERISCOPE

RÉSUMÉ

Récemment, la popularité des réseaux sociaux suscite l'intérêt du monde de l'éducation. En effet, ces outils, tels que Facebook, Instagram, Twitter et Periscope, sont de plus en plus envahissants et prennent une importance dans le quotidien des gens, et encore plus, dans celui des jeunes. Selon les statistiques fournies par la recherche « We are Social (2018) », le temps moyen passé sur les réseaux sociaux est de 1h22 par jour en France. Compte tenu de cette réalité, il semble important de se pencher sur les caractéristiques propres de ces outils afin de mieux les comprendre et d'explorer leur potentiel dans l'enseignement et l'apprentissage. En intégrant les outils des réseaux sociaux dont les jeunes sont les usagers actifs, l'enseignement peut s'adapter davantage à leur vie quotidienne. En ce sens, notre travail présente les résultats d'une recherche sur les effets des feedbacks oraux à distance et des écrits délivrés dans un environnement numérique pour l'apprentissage des mathématiques. Nous avons appuyé notre étude sur les analyses qualitatives et quantitatives et notre échantillon de recherche se compose d'étudiants de niveau lycée et diplômés, ayant suivi leurs cours à l'aide de deux outils de réseaux sociaux, et Twitter Periscope. Ce sont des outils spécifiques qui permettent les feedbacks : les connexions qui s'établissent au sein d'une communauté d'apprentissage virtuelle impliquent étudiants et enseignants. À notre connaissance, notre recherche serait le premier travail à avoir tenté d'identifier les feedbacks de l'enseignant et des pairs délivrés dans un cours de mathématiques via les outils Periscope et Twitter utilisés au niveau de l'enseignement secondaire en Turquie, et d'en évaluer les effets sur les apprentissages. Afin de pouvoir identifier et analyser les effets des feedbacks oraux à distance avec Periscope et des écrits délivrés avec Twitter, au cours de l'année 2016-2017, nous avons réalisé une enquête par questionnaire composé de 15 questions auprès d'un échantillon de lycéens au sein du réseau Twitter. Selon les résultats, il ressort que les lycéens reçoivent une quantité importante de commentaires sur Periscope et sur Twitter dont ils déclarent avoir largement profité. Différentes formes de feedback ont été explicitées par les lycéens qui ont montré comment ils les avaient mis à profit de manière adéquate dans les cours de mathématiques à travers des interactions en ligne sur Periscope et Twitter. Ils mettent en avant le facteur de la temporalité, notamment, en soulignant la possibilité de recevoir des feedbacks de l'enseignant en temps opportun et déclarent ainsi mieux comprendre le cours. Une condition semble être que l'efficacité des feedbacks requiert qu'ils se réalisent quand les lycéens sont investis dans des activités liées au cours de mathématiques.

Mots-clés : *feedback, mathématiques, affordance, réseaux sociaux, Twitter, Periscope.*

ABSTRACT

Recently, the popularity of social networks is attracting interest from the world of education. In fact, these tools, such as Facebook, Instagram, Twitter and Periscope, are becoming more and more invasive and are becoming more important in people's lives, and even more so in

[1] Université de Lyon – Université Lyon2, ECP, tolgaatkin@gmail.com

the lives of young people. According to statistics provided by the research "We are Social (2018)", the average time spent on social networks is 1h22 per day in France. Given this reality, it is important to look at the specific characteristics of these tools in order to better understand them and explore their potential in teaching and learning. By integrating the tools of social networks in which young people are active users, the teaching can adapt more to the daily life of these. In this sense, our work presents the results of research on the effects of remote oral feedback and writing delivered in a digital environment for learning mathematics. We supported our study of qualitative and quantitative analyzes, and our research sample consists of high school and graduate students who took their courses using two social media tools, Periscope and Twitter. These are specific tools that allow feedback: the connections that are established within a virtual learning community involve students and teachers. To our knowledge, our research would be the first work to have attempted to identify teacher and peer feedbacks delivered in a mathematics course via the Periscope and Twitter tools used at the secondary school level in Turkey and evaluate the effects on learning. In order to be able to identify and analyze the effects of oral feedback with Periscope and writings delivered with Twitter, during 2016-2017, we conducted a questionnaire survey composed of 15 questions with a sample of high school students. within the Twitter network. According to the results, it appears that high school students receive a large amount of comments on Periscope and Twitter which they claim to have greatly benefited. Different forms of feedback have been made explicit by high school students who have shown how they have used them appropriately in mathematics classes through online interactions on Periscope and Twitter. They highlight the factor of temporality, in particular, emphasizing the possibility of receiving teacher feedback in a timely manner and thus declare better understanding of the course. One condition seems to point out that the effectiveness of the feedbacks requires that they be realized when the high school students are invested in activities related to the mathematics course.

Keywords: *feedback, mathematics, affordance, social networks, Twitter, Periscope.*

1 Introduction

Les affordances des réseaux sociaux sont potentiellement intéressantes dans les contextes éducatifs, en particulier lorsque l'on considère les approches d'apprentissage actif et social (Macfarlane, 2015 ; Zheng, Niiya et Warschauer, 2015). Les affordances sont généralement définies comme les types d'actions qu'un objet ou un environnement encourage. Également, les plateformes des réseaux sociaux affordant des environnements les interactions multidirectionnelles avec les personnes et les communautés qui pourraient ne pas avoir été autrement possible (Carpenter et Krutka, 2015).

Deux types de formation sont dispensées par l'intermédiaire du web : la formation synchrone permet l'échange avec les autres apprenants et l'enseignant en temps réel, par clavardage (clavier interposé) ou visioconférence. Les formations synchrones permettent également de partager des applications et d'interagir sur celles-ci au moment où le tuteur leur donne la main sur le document partagé. Par opposition, la formation asynchrone, l'échange avec les autres apprenants ou avec les tuteurs s'effectue via des modes de communication ne nécessitant pas de connexion simultanée. Il peut s'agir de forums de discussion ou bien encore de l'échange de mails. Lorsque l'on regarde en direction des dix prochaines années, et au-delà, il semble évident que l'avenir de l'apprentissage mobile se réalisera dans un monde où la technologie sera plus accessible.

À travers la présente étude nous nous concentrons dans l'intégration des plates-formes de réseaux sociaux dans l'enseignement des mathématiques. Nous avons mené une recherche sur deux applications dénommée « Periscope et Twitter » capturèrent la participation du public. Nous avons observé un groupe d'étudiants qui font

l'apprentissage des mathématiques avec l'aide de ces applications. Periscope (un outil de diffusion en direct) et Twitter sont des outils intéressants qui facilitent le feedback et consolident les connexions qui s'établissent au sein d'une communauté d'apprentissage dans laquelle sont impliqués étudiants et enseignants.

Avec Periscope, la relation pédagogique peut même s'étendre au-delà de la classe. Ainsi, si le professeur trouve un intérêt dans une situation hors de la classe, il peut filmer et alerter en temps réel la communauté des étudiants pour partager le contenu avec eux. De même, l'étudiant peut quant à lui devenir plus actif en partageant et diffusant une vidéo en relation avec les thématiques vues en cours ou tout simplement en commentant et en réagissant aux contenus proposés. Grâce à ces outils, les discussions peuvent se tenir au début de l'acte d'apprentissage alors que les étudiants l'utilisent pour construire et élaborer les savoirs visés par le programme d'enseignement. Cela représente en effet une variation du socioconstructivisme qui prend une tournure virtuelle et s'inscrit dans le prolongement des activités scolaires. Avec Periscope et Twitter, l'enseignement devient continu et fait tomber les murs de la classe pour s'inscrire dans le quotidien des étudiants. Periscope et Twitter constituent donc un complément aux approches pédagogiques modernes et met la spontanéité au service de l'éducation. Ces applications offrent des options pour favoriser le feedback et permettent d'inscrire l'étudiant dans une démarche active de son apprentissage. Periscope et Twitter favorisent ainsi des possibilités de collaboration, d'entraide et de partage pour favoriser la réussite des étudiants et approfondir leurs perspectives d'apprentissage.

Ces caractéristiques de Périscope et Twitter nous ont amené à questionner les apports éducatifs de ces outils dans le cadre de l'éducation. La question que nous nous sommes posés dans notre recherche a donc été la suivante : Quels sont les effets de feedback oral à distance temporelle et d'écrit délivrés dans un environnement virtuel avec les outils de réseaux sociaux pour les cours de mathématiques ?

Néanmoins, peu de recherche se sont intéressées à l'effet de feedback d'enseignant dans un environnement avec les outils de réseau social, et ce qui est l'objet de recherche de cette étude. Comme nous avons évoqué objectif de ce travail est comprendre les effets de feedback oral à distance temporelle et d'écrit délivrés dans un environnement numérique. Évidemment des objectifs spécifiques ont aussi été établis : connaître l'effet du feedback oral de l'enseignant à distance, le mode de feedback avec les outils de réseau social, l'aide des pairs dans un cours avec un outil de réseau social et le mode d'interaction entre professeur et étudiants.

2 Utilisation des Réseaux Sociaux dans l'éducation

La nature collaborative des plates-formes de réseaux sociaux peut encourager les types de discussion, de réflexion, de feedback par les pairs, de mentorat et de soutien qui sont souvent valorisés dans les contextes éducatifs (Carpenter et Krutka, 2015). Les étudiants, les enseignants et tous les membres de l'éducation profitent des affordances des plateformes comme de l'échange, du partage d'information, de l'entraide et de la possibilité de mettre en place des groupes de travail.

L'utilisation des réseaux sociaux dans l'éducation peut être un terrain étrange pour de nombreux enseignants qui sont habitués aux environnements avec des limites distinctes (Carpenter et Krutka, 2015). Pareillement, l'utilisation des plateformes des réseaux sociaux peut en outre enrichir la connaissance des professeurs en même temps ainsi

qu'élargir leurs perspectives pédagogiques. Ils peuvent donner aux enseignants l'occasion d'améliorer leurs méthodes d'enseignement, de développer de nouvelles stratégies, de modifier leurs pratiques pédagogiques ou d'échanger au sujet de leur discipline (Le portail de l'enseignement en fédération Wallonie-Bruxelles. Bruxelles, Belgique, 2015).

Également, l'utilisation des outils des réseaux sociaux peut servir à agrémenter la communication de façon originale entre les membres d'une même classe. Par exemple, si un élève souhaite recevoir une réponse à une question qui l'embête ou qui l'empêche d'avancer dans ses devoirs, il pourrait venir l'écrire sur le réseau social de sa classe ou de son école. De cette façon, il recevrait rapidement des explications par d'autres étudiant, voire même par l'enseignant. D'autre part, l'enseignant pourrait demander aux étudiants de publier un texte quelconque sur le site de la classe afin que ces derniers puissent s'enrichir et prendre connaissance des textes de leurs compères. L'enseignant pourrait encourager les enfants à rédiger des commentaires, à faire des feedbacks, à souligner des erreurs qui ont été oubliées, etc. (Dana, 2010).

3 Feedbacks : Modèles et Impacts sur les Apprentissages

Le feedback est l'une des tâches fondamentales des enseignants pour faire progresser l'apprentissage des élèves. Il est clair que lorsque les réactions des élèves sont correctement transmises, leur utilisation peut aider à réduire l'écart entre les performances actuelles et souhaitées des élèves (Hattie et Timperley 2007). La rétroaction (feedback) sur les performances des apprenants a été identifiée comme un élément essentiel d'un enseignement réussi pour les enseignants de toutes les matières et de tous les niveaux (Gan, Nang & Mu, 2018) et est au cœur du développement d'un apprentissage efficace (Sadler, 2010). Par ailleurs, selon Shute (2008) un feedback défini : « l'information communiquée à l'apprenant est destinée à modifier sa pensée ou ses comportements dans le but d'améliorer l'apprentissage. Également, ce concept est généralement considéré comme crucial dans les contextes éducatifs pour améliorer les connaissances et pour l'acquisition de compétences.

Dans le cadre de l'enseignement, le terme de feedback désigne habituellement le retour donné par un enseignant à un étudiant suite à un rendu d'un travail écrit ou oral. Il peut aussi avoir lieu pendant ou après un travail pratique (ex : expérience scientifique, geste médical). Les deux acteurs du feedback que sont l'enseignant et l'étudiant interagissent dans le but d'améliorer le travail concerné ou les futurs travaux de l'étudiant, et l'apprentissage de manière plus générale. Le feedback peut intervenir à plusieurs moments de l'apprentissage et dans différentes situations. Il peut aussi être donné via différents moyens et/ou supports : oral (en présentiel, le moyen le plus courant), écrit (à la main ou à l'ordinateur), etc. (Sohrmann et al., 2016).

Le feedback vient après quelque chose. Il a pour but d'agir sur ce qui précède et qui justifie son exercice. En ce sens il se veut une réponse. Sur le plan mécanique, son objectif correctif est clairement désigné : revenir à une situation initiale, « idéale ». Le terme « correction » est, lui, chargé d'un sens précis. Dans un contexte d'enseignement, le feedback désigne habituellement l'information qui est donnée par un enseignant à un étudiant suite à l'évaluation d'un travail écrit ou oral (Lambert et al., 2009, p.1). En pédagogie, l'enseignant corrige les travaux des apprenants. En édition, la correction a pour objectif d'améliorer, de rendre plus lisible. Procéder à une rétroaction semble également être en rapport étroit avec l'acte de commenter et de critiquer. Il s'agit alors de

porter un jugement de valeur. Kant précise que la critique doit être raisonnée et doit éclairer sur les conditions d'accès à la connaissance. Enfin, le terme anglais « feed-back » indique que la rétroaction a pour but de nourrir en retour (Rodet, 2000, p. 48).

Dans un contexte d'apprentissage, nous pouvons distinguer les feedbacks auto-générés des feedbacks externes. Les feedbacks auto-générés aident les étudiants à dépanner leurs propres performances et à se corriger automatiquement. Les activités d'autoréglementation conçoivent : « l'établissement et l'orientation vers les objectifs d'apprentissage, les stratégies utilisées pour archiver les objectifs, la gestion des ressources, l'effort exercé : les réactions aux commentaires externes ... ». Les feedbacks externes délivrés par une source externe. L'élève construit activement sa propre compréhension des messages de retour provenant de sources externes (par exemple, un pair, un enseignant, un système, etc.), en relation avec leurs objectifs internes. (Nicol & Macfarlane-Dick, 2006, p. 119). Dans cette recherche nous nous focalisons sur les feedbacks externes.

Le feedback dans l'enseignement assisté par technologie est l'information présentée à l'apprenant après d'une information entrée afin de façonner les perceptions de l'apprenant (Sales, 1993, p. 159). L'approche de feedback la plus souhaitable par les étudiants est donner un commentaire immédiat après la performance, qui fournit des commentaires directement après l'achèvement du test complet ou du test (en ligne) (Cassady & Gridley, 2005 ; King & Behnke, 1999, p. 8). En effet, elle permet aux étudiants d'avoir un aperçu de leur situation actuelle dans le processus d'apprentissage et d'obtenir une information sur la manière de parvenir à la position objective. En d'autres termes, en recevant des feedbacks, l'étudiant peut adapter son apprentissage afin d'atteindre les résultats d'apprentissage souhaités. Cependant, diverses études (Hattie & Timperley, 2007 ; Shute, 2008 ; Stobart, 2008) montrent que les commentaires ne contribuent pas toujours positivement au processus d'apprentissage, ce qui souligne la nécessité de poursuivre les recherches sur ce sujet (F.M. van der Kleij et al., 2012, p. 264).

Les informations présentées via les feedbacks dans les instructions peuvent inclure non seulement la correction de la réponse, mais aussi d'autres informations telles que la précision, la rapidité, les conseils d'apprentissage, les messages motivants, le conseil de séquence de leçon, les comparaisons critiques et la focalisation sur l'apprentissage (Hoska, 1993 ; Sales, 1993, p. 105). La rétroaction influence sur la réussite et les performances des étudiants, elle fait partie des éléments qui peuvent encourager la motivation des étudiants. Le feedback évaluatif verbal ou écrit comme réponse immédiate et directe à une performance scolaire des étudiants est l'une des interventions de classe les plus puissantes que les enseignants utilisent pour favoriser l'apprentissage et améliorer la motivation des étudiants (Hattie & Timperley, 2007, p. 81).

Le feedback est le retour donné à un étudiant suite à un rendu d'un travail écrit ou oral ou après un travail pratique, dans le but d'améliorer le travail et l'apprentissage de l'étudiant. Pour que le feedback soit constructif, efficace, et qu'il s'inscrive dans les objectifs visés, il est nécessaire de prendre en compte plusieurs enjeux fondamentaux, comme ses critères et la forme, les modalités temporelles, les rôles et la posture des différents acteurs qui y participent. Dans ce contexte, les technologies de l'information peuvent faciliter la mise en place d'un feedback de qualité, qu'il soit au format texte, image & vidéo ou oral, tout en donnant un rôle plus actif aux étudiants (Sohrmann et al., 2016).

Une rétroaction ne devrait pas inclure de jugement à propos de l'élève. Par exemple, elle ne devrait pas avoir pour but de signifier à l'élève qu'il est intelligent, ou encore qu'il

soit bon ou mauvais à telle tâche. Lorsqu'on fait ce type de commentaire à l'élève, on attribue sa réussite à ses qualités personnelles plutôt qu'aux actions spécifiques qu'il a posées pour réaliser la tâche. Selon les propos tenus dans le guide, sans nier le talent naturel des étudiants, l'enseignant devrait plutôt mettre l'accent sur ce que l'élève a fait ou ce qu'il n'a pas fait pour atteindre le niveau de performance attendu (Dessus, 2016, p.1).

Les différents modèles et théories développés nous permettent de dégager quelques aspects consensuels de l'action du feedback délivré lors d'un apprentissage. Premièrement, le feedback est un élément d'une boucle qui se répète, dans laquelle l'apprenant ajuste son comportement en fonction de l'information que le feedback lui donne. Deuxièmement, le feedback permet un ajustement en montrant l'écart qu'il y a entre la performance actuelle de l'apprenant et les objectifs qu'il s'est fixés ou les standards qu'il doit atteindre. Enfin, dans tous les modèles que nous avons vus dans cette partie, il apparaît que différentes variables interagissent dans l'action d'un feedback sur l'apprentissage. La façon dont celui-ci agit sur l'apprenant dépend des caractéristiques de ce dernier (niveau de connaissances, motivation, etc.), mais aussi des caractéristiques de la tâche (difficulté, objectifs, etc.), ou encore de l'environnement (standard défini, etc.). Narciss et Huth (2004) suggèrent que l'adaptation du contenu, de la fonction (i.e. métacognitive, motivationnelle, etc.) et du format du feedback devrait être effectuée en prenant en compte les objectifs de l'enseignement et les caractéristiques de l'apprenant pour maximiser la valeur informative du feedback.

4 Forme des feedbacks et outils de réseau social utilisés

Dans ce parti nous allons essayer d'expliquer, à travers des scénarios, les types des feedbacks tels qu'ils sont reflétés dans le fil Twitter du débat et en direct sur Periscope. Nous expliquons étape par étape comment les étudiants et l'enseignant donnent et reçoivent le feedback à l'aide de ces outils.

Les outils de réseau social affordant des feedbacks inductibles et flexibles et permettent donc une grande liberté en termes de choix pédagogiques. Ainsi ces outils nous permettent de donner des feedbacks immédiats en temps réel. Après avoir rapidement défini le concept de feedback, nous verrons dans ce chapitre comment le feedback est modélisé dans les différentes théories développées ces dernières décennies. Nous verrons également différents feedbacks existants. Enfin, nous présenterons les formes de feedback (écrit, oral, temporalité).

La communication avec les outils de réseau social peut s'établir entre l'enseignant, ses étudiants et les pairs par un feedback et peut se faire de différentes façons. Le réseau conceptuel suivant illustre les différents concepts associés au concept de feedback et leurs relations. Ces concepts seront définis par la suite. La figure 1, illustre bien le concept de commentaire dans le contexte du feedback.

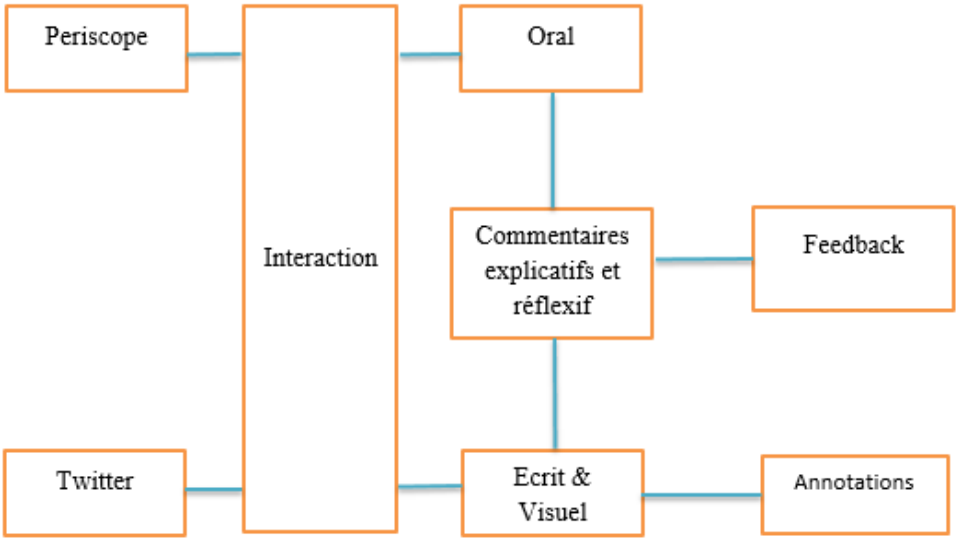


Figure 1 : Le concept interaction et feedback de Twitter et Periscope

L'utilisation des outils de réseaux sociaux dans l'éducation plus en plus répandue, des messageries électroniques et des logiciels de traitement de texte, améliore la disponibilité immédiate et future des feedbacks. Les caractéristiques originelles de l'informatique, mémorisation et reproduction, apparaissent comme particulièrement précieuses pour une utilisation réelle des feedbacks par l'apprenant dans un but d'appropriation (Rodet, 2007, p. 68).

Selon Mory (2003), dans les environnements numériques, le feedback présente une sorte d'environnement interactif. Il se produit comme un résultat naturel des interactions entre l'apprenant et ses propres constructions de connaissances. Notre étude montre que l'utilisation de Periscope et Twitter jouent un rôle à l'engagement coopératif ou collaboratif des enseignants et des étudiants dans le processus d'enseignement. Par exemple, les connexions avec les enseignants et les étudiants peuvent être effectuées entre différents sites physiques et hors des heures de classe spécifiées, avec des groupes en dehors de la classe, telle que les autres étudiants à différents niveaux d'éducation. Le caractère de feedback de Periscope est interactif et les avantages que peut en retirer l'apprenant. Toutefois, en formation à distance, la problématique de l'isolement géographique de l'apprenant, corrélée à celle de la médiatisation de l'enseignement, nous fait préférer la forme écrite (Rodet, 2007, p. 68).

4.1 Twitter

Twitter permet aux utilisateurs de publier des textes, images et des vidéos. Les textes sont le plus utilisés pour la production de contenu et sa correction. Avec Twitter l'enseignant peut donner un feedback groupe écrit (en partagent images et des textes) ou oral (en partageant des vidéos). Avec une option de Twitter, l'enseignant peut mentionner (adresser) directement l'étudiant ou l'inverse, l'étudiant peut mentionner directement l'enseignant. Autre originalité de Twitter, (customer feedback), cette fonctionnalité permet aux enseignants d'évaluer la relation avec une marque, toujours via les messages privés.

1. En utilisant Twitter, dans un scénario du feedback :
2. L'étudiant pose une question sur la plateforme

3. Un feedback est donné par l'enseignant selon les modèles
4. Un feedback est donné par les pairs selon les modèles
5. L'étudiant prend en compte les commentaires et ajuste sa question
6. L'étudiant met à disposition son texte à l'enseignant
7. L'enseignant corrige le travail selon des critères définis et donne un feedback général.
8. Le texte corrigé est mis à disposition de l'étudiant qui tient compte du feedback

Les étapes 3 & 4 (feedback par les pairs) et 6 & 7 (premier tour de correction par l'enseignant) sont facultatives, selon les objectifs visés (Sohrmann et al., 2016).

4.2 Outil de diffusion en direct : Periscope

Periscope permet de transmettre une vidéo en direct à ses abonnés. Avec Periscope l'enseignant peut donner un feedback oral de groupe. Sur l'écran d'accueil, Periscope expose les vidéos retransmises par l'enseignant. Si l'enseignant réalise un « streaming » en direct, ce flux apparait en haut de l'écran. La liste du bas présente les flux qui ont dernièrement pris fin. L'enseignant dispose de 2 moyens pour visionner les vidéos sur Periscope. Le premier est « le direct live ». Lorsque l'enseignant commence un enregistrement, ses étudiants prévenues par un Tweet avec l'hashtag #périscope ou #titre de contenu qui leur fournit un lien. Toutes les étudiantes et tous les étudiants peuvent cliquer sur le lien et participer au cours. Le second moyen de regarder les vidéos et l'option « rediffusion ». Les retardataires peuvent cliquer sur le lien affiché dans Twitter et regarder la vidéo même après la fin de diffusion. Pendant le déroulement de cours, les étudiants peuvent participer, envoyer des cœurs et des emojis.

En utilisant Periscope, dans un scénario du feedback :

1. L'étudiant pose une question sur la plateforme (en écrivant)
2. Un feedback est donné par l'enseignant
3. Un feedback est donné par les pairs
4. L'étudiant prend en compte les commentaires et ajuste sa question
5. L'étudiant met à disposition son commentaire à l'enseignant
6. L'enseignant corrige le travail selon des critères définis et donne un feedback général.

Les étapes 3 & 4 (feedback par les pairs) et 4 & 5 & 6 (premier tour de correction par l'enseignant et feedback).

4.3 Feedback images & vidéo

De nos jours, dans l'éducation nous utilisons des vidéos et images en sciences humaines et sociales, ou en sciences des mathématiques (photographie, dessin, schéma, modélisation 3D, etc.). Les vidéos et les images peuvent être déployées dans de nombreux contextes et de différentes manières (apprentissage à distance, production de l'étudiant, analyse avec annotation). En utilisant un outil consacré à l'hébergement et à l'annotation d'images ou de vidéo en ligne, un scénario de ce genre peut être déployé :

1. L'enseignant met en ligne une image/la vidéo qu'il aura éventuellement produite préalablement.
2. L'enseignant annote l'image/la vidéo en fonction des consignes données (ou non, si l'image/la vidéo est une production).

3. Il met à disposition son image/sa vidéo annotée à ses étudiants qui peuvent aussi l'annoter et/ou la commenter. On peut aussi envisager un scénario où plusieurs étudiants réalisent la même activité d'annotation. Dans ce cas, ils/elles peuvent comparer leurs résultats en utilisant un système de calques séparés.
4. L'étudiant prend en compte les annotations et/ou commentaires et opère d'éventuelles modifications à son travail.
5. L'étudiant met en ligne une image/la vidéo qu'il aura éventuellement produite préalablement.
6. Il/elle annote l'image/la vidéo en fonction des consignes données (ou non, si l'image/la vidéo est une production).
7. Il/elle met à disposition son image/sa vidéo annotée à ses pairs qui peuvent aussi l'annoter et/ou la commenter.
8. L'image/la vidéo annotée est mise à disposition de l'enseignant qui corrige les annotations et donne un feedback général.
9. Les annotations corrigées sont retravaillées par l'étudiant qui tient compte du feedback.
10. On peut aussi envisager un scénario où plusieurs étudiants réalisent la même activité d'annotation. Dans ce cas, ils/elles peuvent comparer leurs résultats en utilisant un système de calques séparés.

Les étapes 10 & 7 & 6 (feedback par les pairs) et 1 & 2 & 3 & 8 (premier tour de correction par l'enseignant) sont facultatives, selon les objectifs visés (Sohrmann et al., 2016).

5 Les principes fondamentaux et les procédures méthodologiques

Dans cette section, nous présentons le système méthodologique adoptée dans cette étude. Pour cela, nous discutons les fondements méthodologiques de la recherche, qui comprennent la conception philosophique, la stratégie de recherche et méthode de recherche ; ainsi que les procédures méthodologiques relatives à la source, la collecte et l'analyse des données. L'objectif poursuivi dans notre recherche est de comprendre les effets de feedback oral à distance temporelle et d'écrit délivrés dans un environnement numérique avec les réseaux sociaux pour les cours de mathématiques.

5.1 L'échantillon de travail, le terrain et l'outil de collecte de données

Cette recherche ciblait utilisateurs de Periscope et Twitter de quatre différentes classes qui ont suivi les cours de mathématiques et sont passés par la nouvelle pédagogie utilisant un outil de réseau social. Des informations complémentaires sur leur niveau d'étude, ancienneté dans le cours, seront fournies et précisées dans la partie de résumé. La totalité des étudiants interrogés ont répondu à ce questionnaire avec un total de 34 réponses reçues dont 34 constituent notre échantillon de recherche, composé de 21 filles et 13 garçons.

5.2 Préparation, mise en ligne et diffusion du questionnaire

Le questionnaire a été préparé avec l'aide de Google docs et publié par Twitter. Les étudiants ont été avertis sur Twitter et Periscope. Dans un premier temps, le lien du

questionnaire était retweeté par les utilisateurs de Twitter. Afin d'avoir beaucoup de réponses, nous avons fait des annonces sur Periscope et Twitter durant l'enquête (une semaine). Tout ceci afin de collecter le maximum de données pour obtenir une analyse la plus précise possible. Les réponses reçues ont ensuite été transférées sur Excel avant d'être analysées à l'aide de ce logiciel.

Afin de pouvoir analyser les apports de feedback pendant un cours de mathématiques avec l'application de Periscope et Twitter, le questionnaire a été construit avec l'intention d'aborder les sujets de l'interaction et le feedback. Le questionnaire composé de 15 items, a été également traduit en turc. Quinze questions au total ont été enregistrées après une version pilote. Ce questionnaire a été également traduit en turc. La première partie du questionnaire était consacrée aux informations personnelles afin d'établir un profil par rapport à l'âge, au sexe et au niveau d'éducation des élèves qui y répondraient. Dans l'enquête par questionnaire (annexe : 2), trois questions était posées pour démographique informations des étudiants (l'âge, le sexe et le niveau d'étude), deux questions (Q5-Q6) étaient posées pour connaître l'intensité des cours selon les étudiants, une question était posée afin de connaître la fréquence de la participation des cours, trois questions ayant pour objectif d'étudier l'efficacité des annotations et les commentaires sur Twitter. Les questions 7 et 14 étaient destinées à comprendre la temporalité des feedbacks de l'enseignant. Nous avons posé une question (Q10) afin de comprendre l'utilisation de caractère emoji par les étudiants. Ensuite, une question sur interaction, puis une question afin de connaître les avis des étudiants par rapport des argumentations de l'enseignant sur Twitter et Periscope.

5.3 Traitement des données dans le cadre théorique de l'analyse statistique implicative

L'analyse statistique implicative (ASI) est, initialement, une méthode d'analyse de données non symétrique, conçue par Régis Gras (Gras et al. 2017). Les analyses suivantes ont pour but de faire la lumière entre les éléments concernant la relation entre les effets de la rétroaction (feedback) des pairs et enseignants et de leurs rapports pendant et après les publications de l'enseignant sur Periscope et de leur partage sur Twitter. C'est pourquoi, les questions liées à ces questionnements ont été pris en compte en tant que variables principales pour l'analyse implicative. Nous avons 14 variables (supplémentaires et principales) dans cette analyse. Les variables supplémentaires préférées sont le sexe (V01), le niveau d'enseignement (V02), et la fréquence de participation des cours sont en ligne (V03). Tous ses variables sont exposées au-dessous dans le tableau 1.

Variable	Type	Code	Description de la variable codée
Sexe	Supplémentaire	Fille s Garçon s	Sexe
Niveau d'enseignement	Supplémentaire	L2 s L3 s L4 s Dip s	Lycée 2éme année Lycée 3éme année Lycée 4éme année Diplômé
Fréquence de participation	Supplémentaire	Chjor s Occa s Qqfps s	Chaque jour Occasionnellement Quelque fois par semaine
Le nombre de participants	Principal	nombre_Pa	Vous pensez que le nombre de participants aux cours de mathématiques sur périscope sont :
La participation intensive	Principal	intens_imp	La participation intensive des étudiants empêcherait (obstacle) l'obtention de commentaires immédiats de la part de l'enseignant
Réponse le plus tôt possible d'enseignant	Principal	imd_feed_ens	L'enseignant répond le plus tôt possible à chacune de vos questions posées
Réponse sur Twitter d'enseignant	Principal	repons_Tw	Il vous arrive de poser une question à l'enseignant lors d'une séance de cours de mathématiques sur Periscope mais qu'il vous réponde sur Twitter
Les argumentations apportées par l'enseignant	Principal	argu_Ens	Les explications ainsi que les argumentations apportées par l'enseignant sont :
Utilisation de caractères emoji	Principal	emoji	Utilisation de caractères emoji afin de montrer la compréhension de cours

Tableau 1a: Présentation des données

Variable	Type	Code	Description de la variable codée
Les publications ou les partages effectués par l'enseignant sur Twitter	Principal	partg_Publi_Tw	Les publications ou les partages effectués par l'enseignant sur Twitter contribuent à la compréhension des cours de mathématiques
Les partages par les pairs sur Twitter	Principal	partg_Pairs_Tw	Après ou avant les cours, les partages par les pairs sur Twitter aident à comprendre les cours de mathématiques
Les commentaires des paires	Principal	partg_Pairs	Les commentaires de vos paires vous aident à mieux comprendre les cours de mathématiques
Le moment des feedbacks	Principal	momnt_Feed	Le moment des feedbacks par l'enseignant appropriée à comprendre le cours
Après un cours de mathématiques via Periscope	Principal	aprs_C_Per	Après un cours de mathématiques via Periscope je me trouve en mesure de résoudre une situation problème, chose que je n'ai pu faire au préalable

Tableau 1b: Présentation des données

5.4 Analyse de similarité

Après le formatage des données, nous pouvons lancer les différents traitements proposés par CHIC. Figure 2 - Graphique similarité - exprime l'arbre de similarité, un modèle de classification établie en fonction de C. I. Lerman (1981), qui sont utilisés indices de probabilité. Ainsi l'arbre des similarités, figure 2, calcule pour chaque couple de variables la similarité entre celles-ci. Nous notons la séparation des variables binaires une classe qui est divisée en deux autres sous-classes. Ensuite, il agrège des classes constituées elles-mêmes d'autres classes. Les niveaux identifiés par un trait rouge (en gras sur la figure) sont des niveaux significatifs dans la mesure où ceux-ci ont plus de signification classifiant que les autres niveaux.

Nous trouvons 12 niveaux de similarité entre 1 et 5.52014e-06. Mettre en place un indice de similarité minimum de 0,75 à développer notre analyse et a trouvé six niveaux. Nous trouvons quatre significatif : 1,6,8,11 et plus significatif est le niveau 1.

L'arbre des similarités ci-dessous fait nettement apparaître une répartition en deux grandes familles, l'une constituée de trois variables (sous-classe 1.1) et l'autre constituée quatre variables (sous-classe 1.2). À gauche se regroupent majoritairement, la sous-classe 1.1, des variables spécifiques de parler les feedbacks de l'enseignant. Nombre_Pa, repons_Tw, argu_Ens, imd_feed_ens, emoji avec un indice de similarité : 0.674465. Au centre, la sous-classe 1.2, caractéristique de parler immédiat feedback de l'enseignant et les partages sur Twitter entre les pairs, Avec un indice de similarité : 0.180287. À gauche de l'arbre, la sous-classe 2.1, des variables caractéristiques de parler, intensivité des participants et le moment de feedback de l'enseignant. intens_imp, momnt_Feed avec un

indice de similarité : 0.605872. La sous-classe 2.2, des variables typiques de parler les partages des pairs sur Twitter après les cours via Periscope. Partg_pairs, aprs_c_Per avec un indice de similarité : 0.615128.

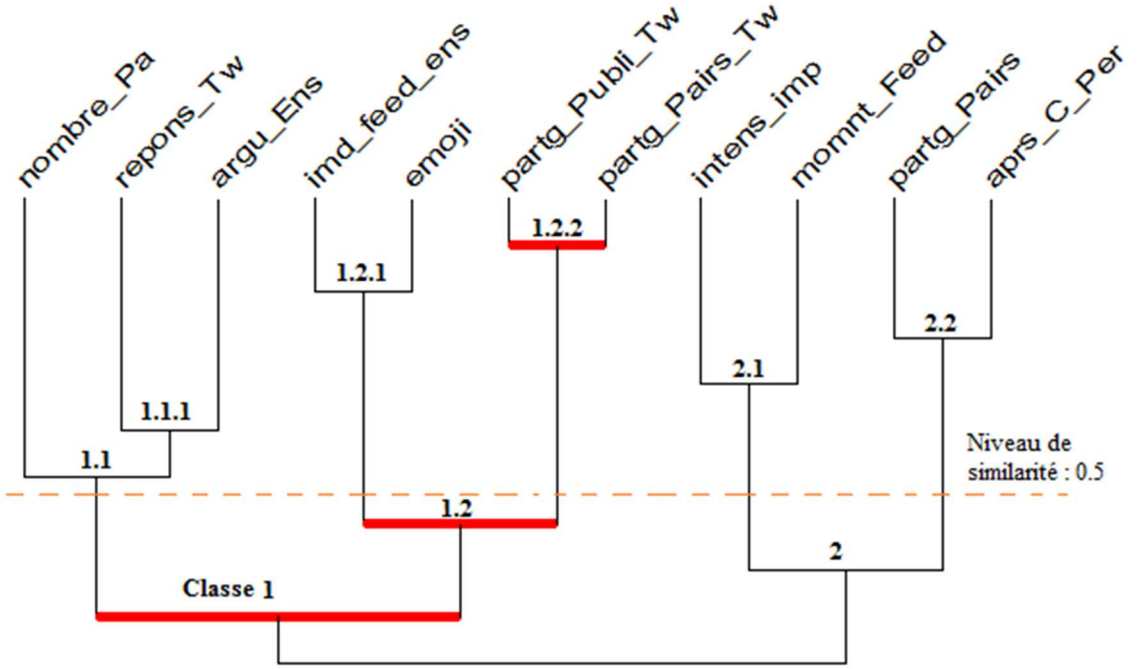


Figure 2 : Arbre de similarité

Sur au milieu de l'arbre se dessine une similarité significative, de premier niveau, entre partg_Publ_Tw et partg_Pairs_Tw avec un indice de similarité 1, ce qui indique une forte probabilité les étudiants qui répondent partiellement ; Les publications ou les partages effectués par l'enseignant sur Twitter contribuent à la compréhension des cours de mathématiques et après ou avant les cours, les partages par les pairs sur Twitter aident à comprendre les cours de mathématiques. Il y a deux autres nœuds significatifs : au niveau 7 et 9.

Dans le second degré de similarité avec l'indice 0.635943, nous avons des variables imd_feed_ens et emoji. En d'autres termes, il y a une analogie entre les réponses. Sur la droite de l'arbre, classification au niveau 3 : (partg_pairs et aprs_c_Per) similarité : 0.615128. Il semble intéressant de noter une ressemblance entre les réponses partg_pairs et aprs_c_Per, ce qui signifie que les étudiants, après les cours de mathématiques sur Periscope reçoivent les feedbacks, les commentaires de leurs pairs aident à la compréhension des cours de mathématiques.

Dans le quatrième degré de similarité avec l'indice 0.605872, nous avons des variables intens_imp, « *la participation intensive des étudiants* » et momnt_feed, *« le moment des feedbacks d'enseignant »* sont très similaires. Il semble cohérent que la participation intensive des étudiants influence sur les moments des feedbacks d'enseignant.

Dans le cinquième niveau de similarité avec l'indice 0.555893, nous avons des variables reponse_Tw *« réponse d'enseignant sur Twitter »* et argu_ense *« les argumentations, les explications apportées par l'enseignant »* sont très similaires. Il montre que l'enseignant argumente, explique les questions des étudiants sur Twitter.

Pour le logiciel C.H.I.C., toute variable s'identifie par défaut comme principale. Pour faire intervenir des variables descriptives qui ne contribuent qu'aux calculs, il est alors nécessaire de les repérer comme supplémentaires. Pour observer les contributions

démographiques dans notre travaille trois variables supplémentaires sont ajoutées. L'une correspond au sexe, l'autre au niveau d'étude des étudiants et la fréquence de participation aux cours.

La variable féminine contribue à cette classe avec un risque de 0.435 et la variable me (diplômé) contribue à cette classe avec un risque de : 0.303. C'est la variable qui contribue le plus à cette classe.

5.5 Chemins Implicatifs

Les implications des indices, selon la théorie classique, calculé selon la loi binomiale sont présentées dans la figure ci-dessous. Nous avons exploré le graphique implicatif (figure 3) construit à partir de 14 variables (11 principal et 3 supplémentaire) portant sur un échantillon total de 34 individus.

L'étude de l'implication des variables est illustrée à la figure 3. Ces premiers résultats affichent une intensité d'implication supérieure à un seuil de 0,95, c'est-à-dire suffisamment puissante pour repérer des règles d'implication. Pour plus de visibilité, les chemins sont reproduits dans le tableau suivant. Il a été adopté pour les niveaux de confiance de 0,77 (gri - tirée avec une intensité très forte) ; 0,79(bleu - course intensive) ; 0,78 (vert - avec une trace d'intensité régulière) et 0,80 (rouge - course de faible intensité).

Nous avons huit chemins implicatifs. Concernant le chemin 1 : partg_pairs_Tw – argu_Ens. Les étudiants féminins contribuent avec risque de 0.105. C'est-à-dire, qu'elles ont un intérêt fort avec les cours de mathématiques via Periscope. Ainsi les étudiants diplômés ont une forte contribution (risque de 0.0526) à ce chemin.

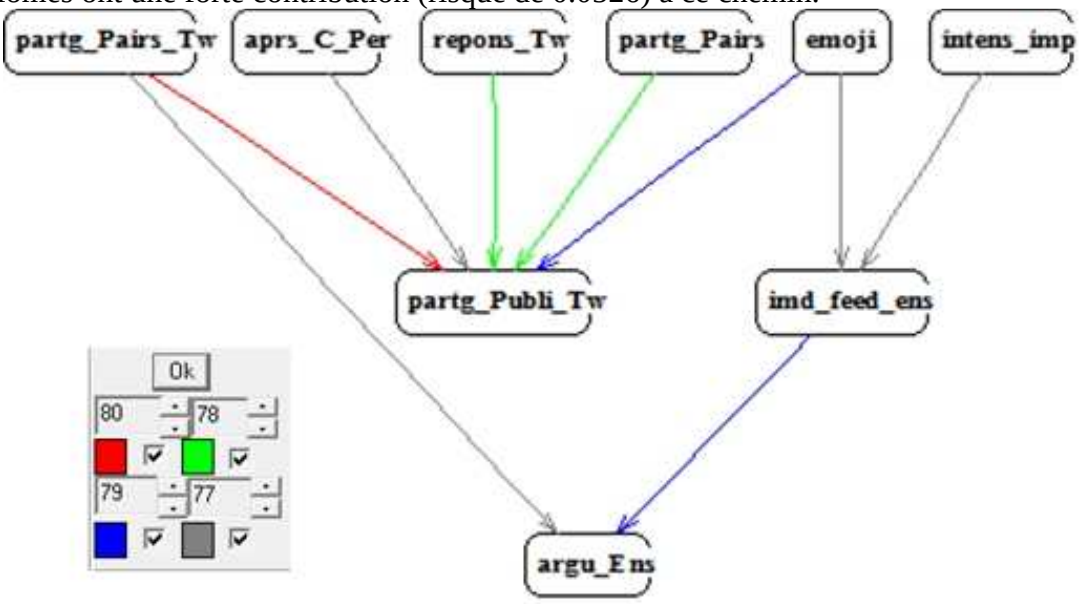


Figure 3 : Graphe implicatif

6 Réflexion finale

L'objectif de ce travail était de comprendre les effets de feedback oral à distance temporelle et d'écrit délivrés par l'enseignant et les utilisateurs dans un environnement numérique avec les réseaux sociaux pour les mathématiques. Dans le premier chapitre du

présent travail, nous avons identifié le rôle du feedback dans un système avec Twitter et Periscope. Dans ce système l'apprenant et l'enseignant devraient être dans une démarche socioconstructiviste. L'enseignant est un accompagnant avec ses feedbacks dans ce processus. En ce sens, les feedbacks sont envisagés comme un élément essentiel du support à l'apprenant. Notre recherche nous a amené à la conclusion que le feedback de l'enseignant via Periscope ou Twitter aide les étudiants à comprendre les cours et les notions de mathématiques. L'effectif élevé de participants n'empêche pas les étudiants de recevoir le feedback de l'enseignant dans les cours de mathématiques via Periscope. Les feedbacks des pairs favorisent la compréhension des notions de mathématiques. Twitter et Periscope pourraient bien être au service de l'élève dans la mesure où ils assurent un certain feedback entre étudiant et étudiant-enseignant. D'autre part, l'analyse réalisé par statistique implicative et avec l'aide du logiciel CHIC, les relations hiérarchiques existant entre les variables implicatives partg_Publ_Tw et partg_Pairs_Tw ce qui suggère une compréhension qu'entre étudiants il y a une forte probabilité de répondre les questions publiées. Or, nous constatons que les publications ou les partages accomplis par l'enseignant sur Twitter contribuent à la compréhension des cours de mathématiques et après ou avant les cours, les partages par les pairs sur Twitter aident à comprendre les cours de mathématiques. D'autre relation hiérarchique existe entre les deux variables telles que imd_feed_ens et emoji, ce qui nous suggère une compréhension qu'utilisation des caractères emoji est favorable afin d'aider recevoir les feedbacks immédiats par l'enseignant. Les emojis sont utilisés à profusion par les étudiants, et génèrent un feedback positif constant possible à remplacer. Nous concluons ainsi qu'utilisation des caractères emoji afin de montrer la compréhension de cours est favorable pour les étudiants.

Références

[1] Carpenter, J. P., & Krutka, D. G. (2015). Social media in teacher education. Repéré à : https://www.researchgate.net/publication/282917893. DOI : 10.4018/978-1-4666-8403-4.ch002

[2] Casterson, S. (2016). Periscope Beginner's Guide: For Personal and Business Growth. Repéré à https://books.google.fr/ (Consulté le 21 mai 2019)

[3] Cassady, J. et Gridley, B. E. (2005). The Effects of Online Formative and Summative Assessment on Test Anxiety and Performance. The Journal of Technology, Learning, and Assessment, 4(1).

[4] David J. Nicol et Debra Macfarlane-Dick (2006) Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice, Studies in Higher Education, 31:2, 199-218, DOI: 10.1080/03075070600572090

[5] Dana, L. (2010). Les réseaux sociaux, un nouveau concept d'enseignement ? Repéré à : http://pedagotic.ca/?post/2010/12/09/Les-r%C3%A9seaux-sociaux%2C-un-nouveau-concept-d-enseignement (Consulté le 21 mai 2019).

[6] Dempsey, J., Ales, G. (Eds.), Interactive Instruction and Feedback. (pp. 105- 132). Englewood Cliffs: Educational Technology Publications.

[7] Gan Z, Nang, H. & Mu, K. (2018). Trainee teachers' experiences of classroom feedback practices and their motivation to learn, Journal of Education for Teaching, DOI: 10.1080/02607476.2018.1450956

[8] Gras, R., Régnier, J-C., Dominique, L-R., Claudia, M., Fabrice, G. "Analyse Implicative Statistique Implicative. 3. Edition, Sous la Direction de Régis Gras". 2017, I.S.B.N. : 9782364935778.

[9] Hattie, J., et Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research, 77*(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

[10] Hoska, D. M. (1993): Motivating learners through CBI feedback: Developing a positive learner perspective. In: Dempsey, J., Ales, G. (Eds.), Interactive Instruction and Feedback. (pp. 105- 132). Englewood Cliffs: Educational Technology Publications.

[11] Jacques Rodet. (2000). La rétroaction, support d'apprentissage ? Distances, Teluq/UQAM, 2000.

[12] Lerman, I. (1981). Classification et analyse ordinale des données. Dunod.

[13] Le portail de l'enseignement en fédération Wallonie-Bruxelles. Bruxelles, Belgique (2015). À la conquête des réseaux sociaux dans l'enseignement : Usages professionnels et pédagogiques (1ere édition) Repéré à : http://www.enseignement.be/index.php?page=27383 (Consulté le 21 mai 2019)

[14] Macfarlane, B. (2015). Student performativity in higher education: Converting learning as a private space into a public performance. Higher Education Research & Development, 34(2), 338–350. https://doi.org/10.1080/07294360.2014.956697

[15] Narciss, S. et Huth, K. (2004). How to design informative tutoring feedback for multi-media learning. In H. M. Niegemann, D. Leutner & R. Brünken (Eds.), Instructional design for multimedia learning (pp. 181-195). Münster : Waxmann.

[16] Sadler, D. R. (2010). Beyond feedback: Developing student capability in complex appraisal. Assessment & Evaluation in Higher Education, 35(5), 535–550.

[17] Shute, V. J. (2008). *Focus on formative feedback.* Review of Educational Research, March 2008, vol. 78(1).

[18] Van der Kleij, F. M., Feskens, R. C. W., & Eggen, T. J. H. M. (2015). Effects of Feedback in a Computer-Based Learning Environment on Students' Learning Outcomes: A Meta-Analysis. Review of Educational Research, 85(4), 475–511. https://doi.org/10.3102/0034654314564881

Annexe 1 : Questionnaire à l'attention des élèves

Bonjour à tout-e-s,

Je vous propose de répondre à cette enquête dont l'objectif est de connaître votre conception quant à l'enseignement des mathématiques via Periscope. Ce questionnaire est anonyme et les résultats ne seront utilisés que dans une optique scolaire et jamais commerciale. Cela ne vous prendra que quelques minutes ; votre aide me sera bien précieuse. Je vous remercie par avance pour votre collaboration.

1- Sexe
2- Votre année de naissance :
3- Dans quel niveau enseignez-vous ?
4- Depuis combien de temps utilisez-vous Periscope ? fréquence de participation des cours
Occasionnellement chaque jour quelque fois par semaine
5- Vous pensez que le nombre de participants aux cours de mathématiques sur périscope sont : (H1)
Très chargé Chargé Normal peu
6- La participation intensive des élèves empêcherait (obstacle) l'obtention de commentaires immédiats de la part de l'enseignant.
Très souvent Souvent De temps en temps Rarement Jamais
7- L'enseignant répond le plus tôt possible à chacune de vos questions posées
Très souvent Souvent De temps en temps Rarement Jamais
8- Il vous arrive de poser une question à l'enseignant lors d'une séance de cours de mathématiques sur Periscope mais qu'il vous réponde sur Twitter.
Très souvent souvent rarement jamais
9- Les explications ainsi que les argumentations apportées par l'enseignant sont :
Très incomplets Incomplets complets Très complets
10- Utilisation de caractères emoji afin de montrer la compréhension de cours
Très bien bénéfique pas du tout bénéfique
11- Les publications ou les partages effectués par l'enseignant sur Twitter contribuent à la compréhension des cours de mathématiques
Très souvent Souvent Rarement Jamais
12- Après ou avant les cours, les partages par les pairs sur Twitter aident à comprendre les cours de mathématiques
Souvent Le plus souvent Rarement Jamais
13- Les commentaires de vos paires vous aident à mieux comprendre les cours e mathématiques
Souvent Le plus souvent Rarement Jamais
14- Le moment des feedbacks par l'enseignant appropriée à comprendre le cours
Convenable Pas convenable pas de tout convenable Tout a fait convenable
15- Après un cours de mathématiques via Periscope je me trouve en mesure de résoudre une situation problème, chose que je n'ai pu faire au préalable (sur la compréhension)
Très souvent souvent rarement jamais

Annexe 2

	nombre_Pa	intens_imp	imd_feed_e	repons_Tw	argu_Ens	emoji	partg_Publi_	partg_Pairs_	partg_Pairs	momnt_Fee	aprs_C_Per
nombre_Pa	0	52	71	69	69	68	78	71	70	64	0
intens_imp	53	0	77	52	73	55	57	69	53	72	0
imd_feed_e	69	70	0	61	79	72	73	68	58	71	0
repons_Tw	72	52	63	0	65	68	78	69	66	60	0
argu_Ens	65	64	75	60	0	66	69	68	62	65	0
emoji	71	55	78	68	74	0	79	68	62	68	0
partg_Publi_	78	55	74	75	74	75	0	79	73	61	0
partg_Pairs_	74	67	72	70	77	68	84	0	72	65	0
partg_Pairs	74	53	60	67	69	62	78	73	0	65	0
momnt_Fee	65	68	73	60	71	66	62	64	63	0	0
aprs_C_Per	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 2 : Tableau des indices de quasi-implication

CÁLCULO MENTAL – ESTUDO SOBRE CONCEPÇÕES E PRÁTICAS DE PROFESSORES POLIVALENTES

Lilian Ceile MARCIANO[1], Saddo AG ALMOULOUD[2]

CALCUL MENTAL – UNE ÉTUDE SUR LES CONCEPTIONS ET LES PRATIQUES D´ENSEIGNANTS POLYVALENTS

MENTAL CALCULUS – STUDY ON CONCEPTIONS AND PRACTICES OF POLYVALENT TEACHERS

RESUMO

O artigo apresenta um estudo sobre as concepções de professores sobre cálculo mental (CM) e sua prática de ensino, realizado junto a professores de séries iniciais do Ensino Básico. Para a coleta de dados, foi utilizado um questionário e a análise foi realizada à luz da Análise Estatística Implicativa por meio da Análise Coesitiva. Os resultados apontam para uma pluralidade na forma como as professoras compreendem CM e relatam as suas práticas de ensino. Da mesma forma, indicam coerência entre a forma como as professoras compreendem o CM e as práticas educativas relatadas.

Palavras-chave: *cálculo mental, formação de professores, concepção de professore.*

RÉSUMÉ

L'article présente une étude sur les conceptions d´enseignants sur le calcul mental (CM) et leurs pratiques d'enseignement. Cette étude a été réalisée avec des enseignants du premier cycle de l'éducation de base. Pour la collecte des données, un questionnaire a été utilisé et l'analyse a été effectuée à la lumière de l'analyse statistique implicative par le biais de l'analyse cohésitive. Les résultats indiquent une pluralité dans la façon dont les enseignants comprennent le CM et signalent leurs pratiques pédagogiques. De même, ils indiquent la cohérence entre la façon dont les enseignants comprennent le CM et les pratiques éducatives d´enseignement qu´ils affirment utiliser.

Mots-clés : *calcul mental, formation des enseignants, conception d´enseignants.*

ABSTRACT

The article presents a study on the conceptions and teachers about MENTAL calculus (CM) and its teaching practice, carried out with teachers and Initial grades of basic education. For data collection, a questionnaire was used, and the analysis was carried out in the light of the implicative statistical analysis through a cohesive analysis. The results point to a plurality in the way teachers understand CM and report their teaching practices. Similarly, they indicate coherence between the way teachers understand the CM and the educational practices reported.

Keywords: *mental calculus, teacher training, Teacher's conception.*

[1] Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), ceile.lilian@gmail.com
[2] Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), saddoag@pucsp.br

1 Introdução

Neste artigo, apresentamos os resultados da análise de um questionário que tem por objetivo identificar as concepções dos professores sobre Cálculo Mental e o seu ensino nas séries iniciais do Ensino Fundamental. Discutiremos a utilização da Análise Estatística Implicativa (A.S.I.), possibilitada pelo software CHIC, a partir da Análise Coesitiva dos dados obtidos.

Lembramos que esse tipo de análise foi desenvolvido por Régis Gras e colaboradores que desde 1979 disponibilizam à pesquisadores, de diversas áreas do conhecimento, ferramentas estatísticas que viabilizam evidenciar a dinâmica dos comportamentos de sujeitos. Tais análises "permitem visualizar, organizar, construir modelos e explicar fenômenos associados aos dados". (Almouloud, 2015, p. 43).

A ASI se configura em uma metodologia de análise de dados que identifica e estrutura, em forma de regras, um conjunto de dados cruzando um conjunto de sujeitos – ou objetos – e um conjunto de variáveis – por meio de uma modelagem estatística de quase-implicação: se determinada variável ou uma combinação delas é identificada na população, então, em geral, a variável b também é identificada.

Por meio de um critério probabilístico, essas análises viabilizam a constituição de "partições cada vez mais finas sobre um conjunto de variáveis estatísticas" (Almouloud, 2008, citado por Almouloud; Coutinho; Silva, 2015, p. 6), que são representadas de modo ascendente, em uma árvore chamada dendograma (no caso da similaridade e da coesitiva) e grafo (no caso da implicativa), o que possibilita o estudo e a interpretação de classes de variáveis em termos de tipologia, semelhança (dessemelhança), coesão e implicação.

A visualização dos resultados e sua interpretação são favorecidas pelo *software* C.H.I.C. (Classificação Hierárquica Implicativa e Coesitiva), que teve sua construção iniciada por Régis Gras, em 1985, e foi aperfeiçoado na tese de Saddo Ag Almouloud (1992) e Ratsimba-Rajohn (1992), com manutenção e atualização mantidas por Raphael Couturier (2008). (Gras, Régnier, 2015, p. 20).

A ASI refere-se a um campo teórico centrado no conceito de implicação estatística ou precisamente no conceito de quase implicação para distingui-lo do de implicação lógica dos domínios da lógica e da matemática. De forma geral, se, por exemplo, um grupo de professoras discorda que saber CM é saber cálculos de memória, então, provavelmente, discorda que o ensino do CM é importante apenas para que os alunos memorizem cálculos.

Na quase implicação, a existência de um professor que não faz parte desse grupo não invalida a implicação, o que ocorreria na lógica matemática. A natureza do conceito de quase implicação, como objeto matemático nas áreas da probabilidade e da estatística, propiciou a elaboração de ferramentas teóricas que instrumentalizam um método de análise de dados.

Pelo uso de A.S.I. procuramos sintetizar e estruturar nossos dados a fim de identificar as variáveis estatísticas, os fatores em jogos, suas relações, sua hierarquia etc. As variáveis envolvidas podem ser de vários tipos: binário, modal, numérico, intervalar etc. São chamadas principais ou ativas quando refletem o comportamento, atitude ou pontos de vista dos sujeitos; e suplementares quando caracterizam os indivíduos (como idade, tempo de magistério, gênero, formação, entre outros). As variáveis suplementares são aquelas que não interferem no cálculo das contribuições das categorias e são consideradas apenas quando da procura pela contribuição ou da tipicidade das categorias.

Os dados em nosso banco são do tipo binário: presença ou ausência do atributo analisado. Na pesquisa aqui relatada, utilizamos as variáveis binárias para a construção de relações (implicações). Por exemplo, relacionando 0 e 1 como ausência ou presença, respectivamente, da variável (característica) nos sujeitos, ou seja, no conjunto de professores respondentes do questionário utilizado, por exemplo, para os itens do questionário apresentados em forma de escala ordinal (1: discordo totalmente, 2: discordo parcialmente, 3: concordo parcialmente e 4: concordo totalmente), consideramos "1" para a opção escolhida e "0" para as demais. A figura 1 ilustra o tratamento feito no preparo do banco de dados.

Cálculo mental é	1	2	3	4
a- o cálculo realizado "de cabeça", sem a presença de nenhum tipo de registro escrito.	1	0	0	0

Tabela 1: Exemplo de tratamento dos dados

Para as análises desta pesquisa, efetuou-se o processo de mineração de dados, descartando as respostas que não eram discriminantes, ou seja, realizando a "limpeza dos dados" da planilha obtida. O critério adotado nessa "limpeza dos dados" foi a exclusão de respostas não discriminantes (respostas obtidas por apenas um sujeito) e por meio do agrupamento de algumas daquelas com totais iguais a 1, de forma que todas as colunas representassem variáveis discriminantes.

A ASI permite realizar dois tipos de análise: coesitiva e implicativa. Nesse artigo apresentamos os resultados obtidos por meio da análise coesitiva que permitiu a explicitação de concepções das educadoras participantes da pesquisa sobre o cálculo mental e o seu ensino

2 O Ensino do Cálculo Mental

A aprendizagem da aritmética, especificamente do CM – que se desenvolve a partir da análise compreensiva dos números e das operações realizadas – é fundamental, tanto para a atuação social dos estudantes quanto para o desenvolvimento de habilidades específicas, assumindo relevância na aquisição de noções matemáticas.

O desenvolvimento do CM pode ser uma via de acesso para a construção de algoritmos, para o desenvolvimento de procedimentos de cálculos por estimativa, e favorecer construções conceituais dos números (sentido numérico, compreensão das regras e propriedades do sistema de numeração decimal), das operações e suas propriedades. (Guimaraes e Freitas, 2010). Além disso, estimula o raciocínio, apoia o desenvolvimento da atenção, da concentração e da memória. Ao estimular o desenvolvimento de procedimentos próprios por parte dos estudantes, sem limitar-se a processos únicos, o desenvolvimento da autonomia é favorecido, uma vez que permite o exercício da liberdade de escolha de caminhos para a solução de problemas.

Essa liberdade de escolha também leva a uma flexibilidade de cálculo, o que tem sido considerado, nas últimas décadas, uma capacidade que deve ser desenvolvida na escola básica, por todos os alunos, uma vez que a proficiência em um domínio complexo como a matemática implica a capacidade de usar o conhecimento de modo flexível, utilizando o que é aprendido em diversas situações. Parra (1996) também argumenta que o ensino do CM na escola é relevante para o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas e que favorece uma forma de aprendizagem que estimula uma melhor relação dos alunos com a matemática.

Atualmente, a indicação para o ensino do CM está presente na BNCC - Base Nacional Comum Curricular, (Brasil, 2017), nos PCN (Brasil, 1997) explicitando, de forma clara, a importância de sua presença nos currículos. A mesma indicação se faz presente nas esferas estaduais e municipais por meio de seus respectivos documentos: Orientações Curriculares do Estado de São Paulo, (São Paulo, 2014) e Currículo da Cidade (São Paulo, 2017).

Ainda que o ensino de CM esteja oficialmente indicado pelos documentos curriculares vigentes e por diversas, investigações recentes retratam que os estudantes brasileiros desenvolvem poucos recursos de CM e que o ensino presente nas escolas, de forma geral, está quase que exclusivamente voltado a uma prática de ensino das operações básicas, restrita aos algoritmos convencionais,[3] de forma mecânica e automatizada, o que, muitas vezes, impossibilita a atribuição de sentido por parte dos estudantes.

De forma geral, os estudantes não recuperam as etapas de cálculo ou sabem explicar aquilo que fazem e consideram que na escola, devem aplicar os procedimentos de cálculos ensinados pelos professores. Quando calculam mentalmente, muitas vezes, os estudantes, não têm consciência de seus conhecimentos e possibilidades e não podem fundamentar os recursos de cálculos utilizados, restringindo-se a descrevê-los. (Guimarães, 2009; Ananias. 2010; Magalhães, 2012 e Figueiredo, 2013).

O ensino CM, quando desenvolvido, costuma relacionar-se, quase que exclusivamente, ao ensino da tabuada, de forma mecânica e o foco tende a estar na memorização como favorecedora da realização dos algoritmos.

Tal cenário evidencia a necessidade de revisão das práticas educativas e entendemos que essa revisão se conecta, necessariamente, à formação profissional dos professores que ensinam matemática. Partindo do princípio de que as práticas dos professores estão relacionadas, de modo significativo, a suas concepções, entendemos a necessidade de investigar quais são as concepções dos professores sobre o CM e o ensino dessa modalidade de cálculo.

3 Concepções dos professores

O estudo sobre as concepções dos professores não é novo na literatura da pesquisa educacional. Há inúmeras investigações em Educação Matemática e Ensino de Ciências sobre o tema e tal interesse baseia-se no pressuposto de que a forma de ver, de pensar e de organizar o mundo e o seu ensino influência de modo significativo a forma como os profissionais organizam e desenvolvem suas aulas. Ponte (1992), Thompson (1997), Garnica (2008) e Guimarães (2010) esclarecem que o professor organiza e define a sua ação didática a partir de suas concepções. O interesse pelo estudo das concepções dos professores reside na compreensão de que existe uma forma de organizar, de ver e de pensar que é determinante do pensamento e da ação profissional e que não se reduz aos aspectos "imediatamente observáveis do comportamento e não se revela com facilidade" (Ponte, 1992, p. 1). As práticas pedagógicas estão determinadas por concepções sobre como se ensina e como se aprende determinados objetos do conhecimento; as

[3] "Entende-se por algoritmo "uma série finita de regras a serem aplicadas em uma ordem determinada a um número finito de dados para chegar com certeza (quer dizer, sem indeterminação ou ambiguidades) e em um número finito de etapas, a determinado resultado, e isso independente dos dados" (Bouvier, citado em Castro Martinez e outros, 1989, citado em Parra, C e Saiz I., 1996). Nesse trabalho usa-se como sinônimos os termos: algoritmo, algoritmo convencional, algoritmo Standard e algoritmo por coluna.

perspectivas adotadas pelo professor refletem como entendem a natureza do conhecimento e o objeto de ensino. Essas concepções, nem sempre conhecidas ou reconhecidas explicitamente pelos professores, por vezes constituem-se como teorias que condicionam e regulam o fazer docente. Desde o início da formação profissional dos professores, é necessário considerar que as experiências pessoais, valores, formas de organizar, de ver o mundo, de pensar, relacionadas à matemática, podem influenciar a aprendizagem e consequentemente sua ação. Essas concepções – construídas tanto no percurso como estudantes como em situações de práticas sociais – condicionam e regulam a prática docente. Ressaltamos que o termo concepção é entendido nesse estudo como um substrato conceitual, de natureza essencialmente cognitiva. São consideradas como um esquema teórico do professor, que pode ser mais ou menos consciente, explícito ou consistente, que lhe permite fazer interpretações e que predispõe e influencia suas ações, proporcionando pontos de vista sobre o mundo e atuando como marcos organizadores implícitos dos conceitos. (Ponte, 1992; Guimarães, 2010). São mantidas com convicção, consensos e existem procedimentos para avaliar e estabelecer critérios de validade e são produto do pensamento e entendimento de um determinado conceito. Em conjunto, as escassas pesquisas localizadas sobre a concepção dos professores a respeito do CM evidenciam que esses profissionais contam com poucos recursos para calcular mentalmente e seus conhecimentos sobre as propriedades do Sistema de Numeração Decimal e das Operações são superficiais. Ainda que tenha sido identificado um discurso de reconhecimento da importância do ensino do CM entre os professores, as pesquisas indicam que o ensino de cálculo mental é pouco presente na prática das escolas e a forma como é compreendido gera diversas interpretações. Está fortemente vinculado ao ensino dos algoritmos como única forma de resolução, relacionado à memorização, a rapidez e ensinado como facilitador da realização dos algoritmos e ao desenvolvimento do raciocínio. (Benites, 2011; Fontes, 2010; Rodrigues, 2001). Essas pesquisas evidenciam, ainda, a necessidade de investimentos na formação dos professores, tanto no que diz respeito aos seus conhecimentos da área, quanto à prática educativa quando o tema é CM. Sendo assim, consideramos que conhecer suas concepções, torná-las explícitas e tomá-las como objeto de análise passa a ser relevante para os processos de formação dos professores.

4 O questionário e a caracterização dos professores

A investigação que realizamos se caracteriza como um estudo qualitativo, de cunho interpretativo, que assume o marco metodológico do estudo de casos. Participaram do estudo 26 professoras dos anos iniciais do Ensino Fundamental, que lecionam em duas escolas da rede privada da cidade de São Paulo que incluem o trabalho com o CM em seus currículos de matemática nesse segmento da escolaridade. Nesse grupo, há profissionais que atuam em todas as turmas da primeira etapa do Ensino Fundamental – 1º a 5º ano. A coleta de dados foi realizada por meio de questionário, aplicado nas escolas, respondidos por professoras de turmas regulares e tem por objetivo identificar a concepção dos professores sobre o cálculo mental e as características de sua prática pedagógica a partir de seus relatos. O questionário foi organizado em três partes: a primeira, composta por 13 questões de ordem pessoal, com o objetivo de caracterizar as respondentes, buscando dados como identificação, formação – básica, profissional e para o ensino do CM – e tempo de atuação no magistério. A segunda parte, com 15 questões,

investiga, especificamente, como as professoras entendem o CM e o seu ensino; e a terceira, com 30 questões, investiga a característica da prática profissional para o ensino dessa modalidade de cálculo. No que se refere às questões da primeira parte, observamos que todas as participantes são do sexo feminino e têm idade entre 31 e 62 anos. Todas as participantes são profissionais experientes: 15 delas têm entre 7 e 25 anos de experiência, 10 delas entre 25 e 35 anos de magistério, uma tem delas mais de 35 anos. Em relação a aprendizagem de cálculo mental, apenas 14 respondentes afirmam ter aprendido no Ensino Básico e 17 afirmam ter aprendido em situações de vida cotidiana. 17 participantes afirmam ter tido uma experiência positiva em sua experiência de aprendizagem de cálculo mental e 9 discordam dessa afirmação. Apenas 10% das afirmações indicam que a aprendizagem para o ensino cálculo mental se deu em na formação profissional inicial – curso de Magistério ou Pedagogia – 90% das afirmações restantes apontam que essa aprendizagem se deu em cursos de formação continuada, com os colegas de profissão ou com os professores, quando estudantes. 58% das participantes discorda sobre ter tido uma experiência positiva em sua formação profissional para o ensino dessa modalidade de cálculo. Salientamos a importância da caracterização das variáveis suplementares (idade, nível de escolaridade, tempo de magistério, formação inicial e profissional, por exemplo) ou sujeitos (ou grupos de sujeitos) que são típicos dos caminhos implicativos formados. A tipicalidade é uma informação que contribui para a interpretação dos dados pela análise das variáveis de contexto que caracterizam os tipos de respostas associadas nos agrupamentos. Como padrão, todas as variáveis são principais. Uma variável principal é toda variável considerada normalmente pelo CHIC. As variáveis suplementares (em geral são as descritivas, e no nosso banco de dados são aquelas oriundas da primeira parte do questionário, com exceção das questões 8 e 11 que foram consideradas variáveis ativas) são variáveis que não interferem no cálculo das contribuições das categorias. Para definir uma variável ativa ou suplementar, acrescentamos um espaço e um “s” ao nome da variável. Nosso banco de dados é composto por 9 variáveis suplementares, como indica a Legenda das variáveis utilizadas pelo CHIC (Anexo 1). Para a análise dos dados obtidos utilizamos a Análise Estatística Implicativa, por meio da análise hierárquica de similaridade e da análise coesitiva. Apresentamos a seguir, os resultados encontrados por meio da análise coesitiva.

5 Tratamento dos dados com Análise Coesitiva

Uma das análises que o CHIC oferece é a Classificação Hierárquica Coesitiva, que indica as implicações orientadas dentro de cada uma das classes. De acordo com Almouloud e Coutinho (2015), a Análise Coesitiva permite fazer uma análise intra e interclasses de respostas e o índice de implicação entre as variáveis é estendido ao cálculo de coesão da classe, que informa a qualidade da implicação orientada dentro de uma classe de variáveis e traduz a noção de metarregras ou regras sobre regras.

A Árvore Coesiva – hierarquia ascendente – traduz graficamente a implicação sucessiva das classes formadas de acordo com o critério de coesão que é decrescente segundo os níveis – no sentido oposto ao da formação das classes de variáveis – da hierarquia. Um intervalo de confiança de parada sobre a coesão permite evitar a elaboração de classes que não tenham sentido implicativo.

A representação das classes, que são formadas pelas variáveis ativas, por meio de um dendograma, evidencia as metarregras do tipo “se a provavelmente então b”, utilizando setas que indicam o sentido da Associação Coesitiva.

O conjunto dessas mesmas variáveis é também estruturado segundo uma árvore hierárquica orientada que representa metarregras (regras de regras) do tipo “se tal regra é observada então, em geral, tal outra regra é também”. Cada metarregra é afetada de um índice de qualidade considerando seus valores sobre [0;1] chamado índice de coesão. (GRAS, 2015, p. 22).

Utilizando a planilha de dados das respostas das 26 professoras ao questionário, junto ao *software* CHIC, obtivemos a Árvore da Hierarquia Coesitiva. A partir de uma visão geral dessa Árvore, em nossa pesquisa, isolamos 21 classes de variáveis mais significativas em termos de análise que permitem evidenciar concepções e práticas de ensino que se relacionam a esse estudo. A análise dessas 21 classes permitiu identificar dois grupos com concepções e práticas de ensino próximas. Nesse artigo, em razão do espaço disponível, apresentamos as análises de 9 classe que acreditamos evidenciar os resultados obtidos em nosso estudo.

5.1 Análise da classe A

A classe A (Figura 1) apresenta fortes índices de coesão entre os pares de variáveis associadas, (QB1b2, QB1a1), (QB2e1, QB1g1) e (QA11en, QC6o1), e é caracterizada por discordância total (exceto em QB1b2). A variável típica dessa classe é QA6d (professores formados em magistério ou pedagogia e uma segunda formação universitária), com risco zero.

As associações encontradas permitem inferir uma concepção de CM que inclui registros escritos e não está relacionado apenas à rapidez e memorização de todos os resultados. Esse grupo de docentes não aprendeu a ensinar CM com os colegas de profissão e relata não propor, em suas aulas, apenas momentos de trabalhos em grupo. Os nós significativos indicam coerência entre todas as variáveis agrupadas.

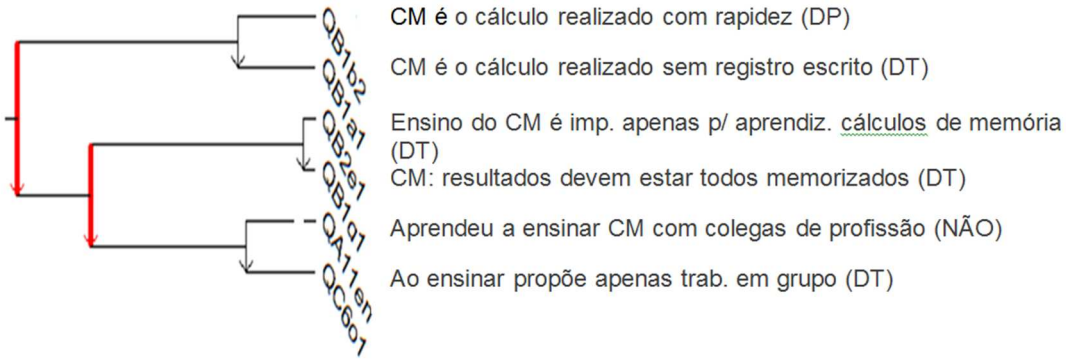


Figura 1: Árvore Coesitiva apresentando relações observadas na classe A

O maior índice de coesão dessa classe associa duas variáveis que explicitam a relação estabelecida entre CM e memorização e parece evidenciar que, nessa classe, se explicite a concepção de que a memorização não seja a razão principal para o ensino desse tipo de cálculo, ainda que possa ocupar significativa relevância.

Tal posicionamento é importante, uma vez que parece evidenciar a superação de uma concepção, ainda muito presente na educação brasileira, que relaciona, quase que exclusivamente, o CM ao ensino da tabuada, de forma mecânica, com foco na

memorização e com o objetivo de habilitar os alunos para resolverem os algoritmos convencionais.

5.2 Análise da classe B

A classe B, composta por quatro variáveis (Figura 3), indica coerência representada pela linha vermelha, que associa as variáveis e inicia pela metarregra: “Se concorda parcialmente que CM é aquele realizado mentalmente, sem a presença de nenhum registro escrito, então, concorda da mesma maneira que, ao ensinar, propõe registros escritos sobre os novos conhecimentos construídos pelos alunos e aprendeu a ensinar CM com os colegas de profissão”. Se concorda totalmente que CM é aquele realizado com rapidez, então valem as opções já citadas. A variável típica dessa classe é QA3e (professores com mais de 50 anos), com risco zero. Os dados obtidos permitem inferir que, para as professoras com mais de 50 anos, o CM é aquele realizado com rapidez e apenas mentalmente – sem a presença de registros escritos.

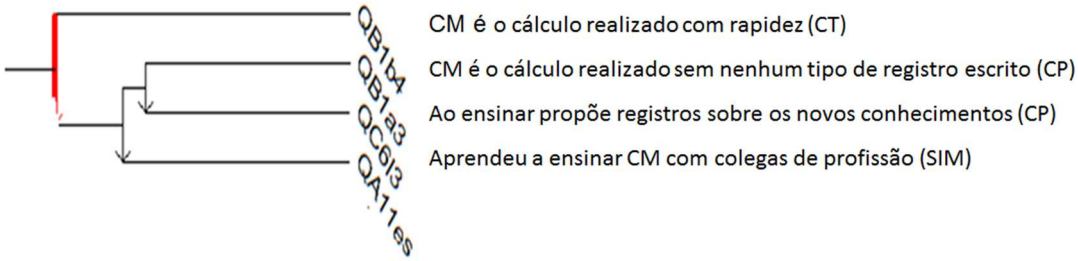


Figura 2: Árvore Coesitiva apresentando relações observadas na classe B

A forte associação entre rapidez e CM está relacionada a uma visão presente na educação desde o início do século XX, cuja importância do ensino do CM relacionava-se ao “treino da mente” ou a uma visão utilitária relacionada ao seu uso no cotidiano ou, ainda, ao favorecimento da aprendizagem das operações básicas, foco central de ensino nas séries iniciais do Ensino Fundamental. (Gómez, 1995; Parra, 1996). Tal dado se verifica também na resposta dada por uma das professoras à questão 10.C do questionário, que indicou “*agilidade do pensamento*” como um dos pontos positivos que identifica em suas aulas de CM.

Gómez (1995), Parra (1996) e Fonte (2010) são pesquisadores que não associam CM ao cálculo rápido, uma vez que atribuem relevância à segurança e aos processos de resolução. Porém não deixam de considerar que, uma vez que se desenvolva autonomia e segurança na realização dos cálculos, a rapidez é uma de suas consequências, ainda que este não seja o objetivo para o seu ensino. Tais resultados estão em consonância com os encontrados em Benites (2011), em que o CM foi relacionado pelos professores à agilidade, como sinônimo de rapidez.

Destacamos, ainda, que as classes A e B trazem ideias diversas quanto à presença (ou não) do registro escrito durante o CM. Essa questão não é um consenso também entre os investigadores. Destacamos os trabalhos de Parra (1996), Fontes (2010) e Ananias (2010), que indicam que os registros escritos das resoluções dos problemas e das estratégias desenvolvidas a partir dos jogos assumem relevância, uma vez que possibilitam a análise das formas de raciocínios utilizadas pelos alunos.

5.3 Análise da classe C

Na classe C, composta por sete variáveis (Figura 4), o dendrograma indica coerência nas seguintes implicações: “Se discorda parcialmente que CM é aquele em que se elege a estratégia de cálculo de acordo com a situação e as características dos números, então, concorda apenas parcialmente que, para ensinar CM, a escolha das estratégias de cálculo por parte dos alunos é importante e as professoras não aprenderam a ensinar CM em ações de formação continuada”. Se concorda parcialmente que, ao ensinar, é importante que as estratégias de cálculo tenham origens em situações de resolução de problemas, então, valem as opções anteriores.

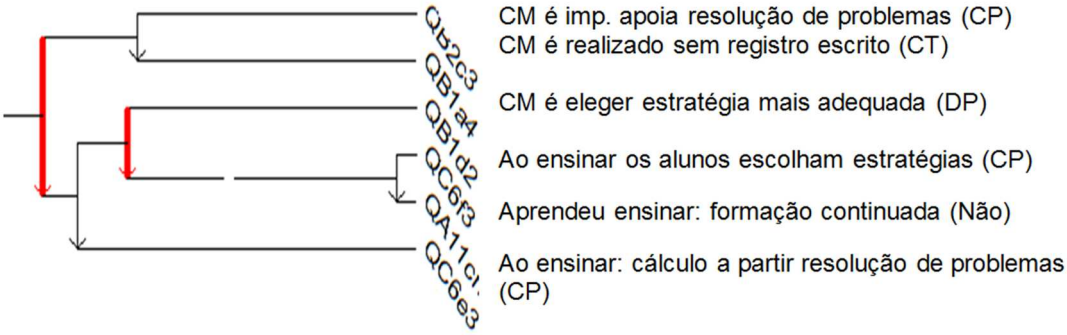


Figura 3: Árvore Coesitiva apresentando as relações observadas na classe C

A variável típica dessa classe é QA6d (professores formados em magistério ou pedagogia e têm uma segunda formação universitária), com risco zero. Essa classe parece evidenciar uma concepção que não inclui, necessariamente, a tomada de decisão por parte dos alunos acerca das estratégias de cálculo utilizadas e que o seu ensino é parcialmente importante para o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas. Além disso, esse tipo de cálculo deve ser realizado exclusivamente de forma mental. Verificou-se que a resolução de problemas como ponto de partida para a problematização dos conceitos a serem ensinados também não foi consenso entre os professores, assim como na pesquisa de Rodrigues (2001). Essa classe traz à tona a necessidade de formação de professores, mais especificamente, sobre dois aspectos, segundo nossa análise: a importância do contexto, evidenciado pela resolução de problemas para a compreensão e o desenvolvimento de estratégias de cálculo e a necessária tomada de decisão sobre as estratégias de cálculo a utilizar, relacionadas ao contexto e aos números envolvidos.

5.4 Análise da classe D

A classe D, composta por cinco variáveis (Figura 4), é caracterizada por declarações que indicam que “se concorda totalmente que, ao ensinar, busca relação entre CM e as propriedades do Sistema de Numeração Decimal (SND)”, então, “discorda totalmente que o ensino dessa modalidade de cálculo é importante apenas para que os alunos desenvolvam habilidades de cálculo escrito, e usa computador ou calculadora como recurso de ensino”. “Se valem os dados citados”, então, “concorda que o ensino do CM é importante para a aprendizagem das propriedades das operações e atribui forte importância para o ensino de CM – 4 em uma escala de 1 a 4, na qual 4 indicava máxima importância”.

Toda essa classe tem forte índice de coesão e a variável típica é QA4d (professores que cursaram Ensino Fundamental, em sua maior parte, em escola particular), com risco zero.

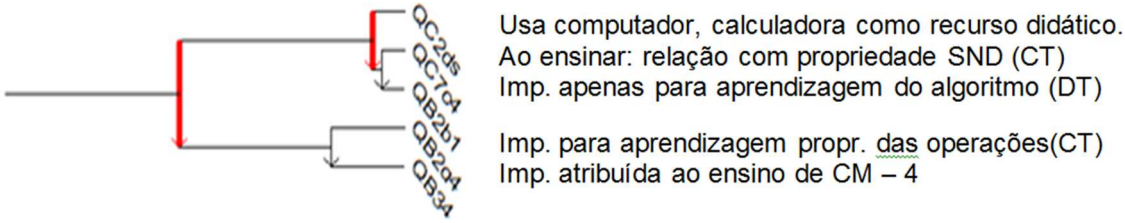


Figura 4: Árvore Coesitiva apresentando relações observadas na classe D

Nessa classe, explicita-se a concepção de que a aprendizagem do CM é importante para a ampliação dos conhecimentos das propriedades das operações e do SND, e não apenas à aprendizagem do algoritmo, e essas concepções estão implicadas com a forte atribuição de importância ao ensino dessa modalidade de cálculo.

A atribuição de importância ao ensino do CM também foi verificada em estudo de Fontes (2010). Magalhães, 2012, também apontada que a análise e o debate sobre as diversas estratégias de cálculo utilizadas pelos alunos evidenciam o uso das propriedades e favorecem a aprendizagem dos números.

O uso da calculadora ou computador como recurso de ensino, evidenciado nessa classe, está relacionado com uma concepção que não relaciona CM, exclusivamente, à obtenção de um resultado conexo ao algoritmo. No caso da calculadora, especificamente, ela pode ser uma ferramenta para explorar propriedades, para encontrar regularidades, entre outros, sem prejudicar nem substituir o ensino do cálculo. (PCN, 1997).

5.5 Análise da classe E

A Classe E (Figura 5) se caracteriza por meta-implicações sucessivas e associa variáveis que caracterizam a abordagem de ensino: se, ao ensinar, propõe momentos para a análise coletiva das estratégias de cálculo utilizadas pelos alunos, então, utiliza resolução de problemas e jogos como recurso de ensino e atribui grau de satisfação 2 para a prática de ensino de CM (em uma escala de 1 a 4).

O grupo típico é formado por professores com idade entre 29 a 33 anos (QA3b), com risco zero.

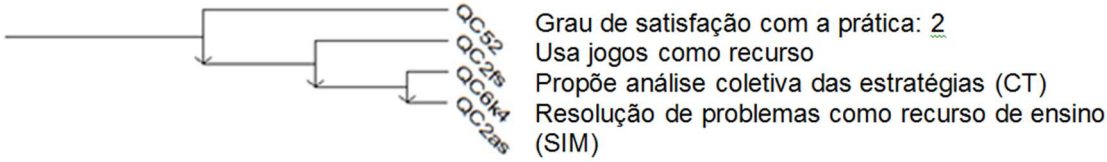


Figura 5: Árvore Coesitiva apresentando as relações observadas na classe E

Como características das situações de ensino, essa classe implica as variáveis que afirmam o uso de jogos, proposição de problemas e análise coletiva das estratégias utilizadas pelos alunos. Como pontos positivos identificados em suas aulas, as professoras que compõem essa classe relatam, ao responder o questionário, que os alunos estão mais instigados, discutindo suas estratégias e aprendendo sobre o SND. Também afirmam que "os alunos têm chance de mostrar suas formas de pensar", oferecendo, assim, indícios de que a análise coletiva das estratégias, de fato, vem se estabelecendo como prática dessas professoras.

O compartilhamento, análise e reflexão dos diferentes modos de resolução favorecem uma aprendizagem bem fundamentada do sistema numérico, das propriedades das operações, bem como da eficácia das estratégias de cálculo (Guimarães, 2009; Magalhães, 2012; Figueiredo, 2013). Além disso, ao estarem inseridos num contexto de escolha, justificativas e fundamentação, podem articular o que sabem e o que estão aprendendo. (Parra, 1996).

5.6 Análise da classe F

A classe F, formada por cinco variáveis (Figura 6), é composta tipicamente por professoras cuja formação profissional é o curso de pedagogia (QA6c), com risco de 0,0267.

Essa classe apresenta coerência, é caracterizada pela concordância total com as afirmações que se referem às condições de ensino do CM e indica as seguintes implicações: se, ao ensinar, busca estabelecer relações entre CM e as propriedades das operações, então, propõe momentos de trabalho individual e em grupo e situações de resolução de problemas. Se indica grau 3 de satisfação com as práticas de ensino (em uma escala de 1 a 4, sendo 4 graus máximo), valem todas as afirmações anteriores.

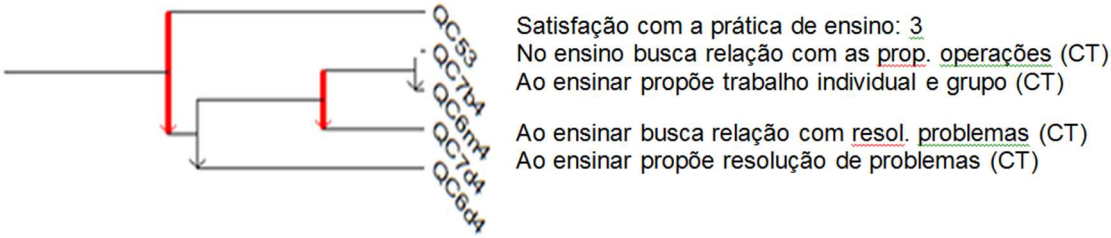


Figura 6: Árvore Coesitiva apresentando as relações observadas na classe F

Inferimos que, para as professoras que compõem essa classe, o ensino do CM relaciona-se também às aprendizagens dos números e do SND. O ensino se dá a partir da resolução de problemas e de trabalho individual e em grupos.

Como pontos positivos em suas aulas, ao responder ao questionário, as professoras que compõem essa classe indicam a análise das diferentes estratégias e trabalho pautado na produção dos alunos. Uma das professoras relata a percepção de que seus alunos estão mais envolvidos e motivados: "*Os alunos estão pensando sobre as propriedades do sistema numérico e se sentindo mais desafiados, fazendo jogos e brincadeiras entre eles e até com os pais e irmãos*".

Essa classe evidencia uma prática que inclui a resolução de problemas e a proposição de situações reflexivas em aula – explicitada pelas variáveis (QC6k4) na classe J e (QC6m4), resultado importante, uma vez que assumimos, assim como Carvalho e Ponte (2014, p.32), que "em termos epistemológicos, [...] o conhecimento dos alunos se desenvolve através da atividade matemática que ocorre em momentos de trabalho individual e coletivo e, muito em especial, em momentos de reflexão acerca dessa mesma atividade".

Gómez (1995) e Parra (1996) destacam o papel das interações sociais durante as aulas, pois consideram que as mesmas, principalmente aquelas que se dão durante as discussões em grupo ou coletivas, potencializam a reflexão e a possibilidade de produção de explicações e análises das estratégias por parte dos alunos. Tais resultados são diferentes

daqueles encontrados por Rodrigues (2001), conforme discutido na revisão da literatura deste trabalho.

5.7 Análise da classe G

A classe G (Figura 7) é formada por dois agrupamentos consecutivos e se caracteriza por total concordância ou discordância às afirmações. Inicia pela metarregra "se concorda que, ao ensinar, busca estabelecer relações entre CM e o algoritmo, então, planeja aulas para complementar o que é proposto pelo livro didático adotado", e tal metarregra implica na discordância de que CM é o cálculo que permite encontrar apenas os resultados exatos.

O índice de coesão nessa classe é alto e o grupo típico é QA3c (professores com idade entre 34 a 40 anos), com risco de 0,00759.

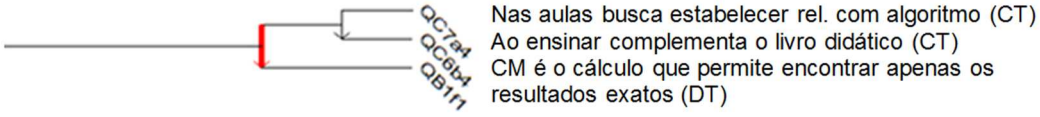


Figura 7: Árvore Coesitiva apresentando as relações observadas na classe G

Nessa classe, o CM não é entendido apenas como cálculo exato, em seu ensino busca-se estabelecer relações com o algoritmo e as professoras não se restringem ao uso do livro didático.

A afirmação sobre o planejamento de aulas que complementem o que é proposto pelo livro didático parece indicar certa independência em relação ao uso desse material e, possivelmente, a busca de uma pluralidade nas formas de ensino. Tal procedimento pode responder à necessidade do professor por busca de propostas de ensino que estejam de acordo com suas concepções sobre o ensino da matemática e, mais especificamente, sobre o ensino do CM. De acordo com Garnica (2008), os professores tendem a propor ajustes nas propostas presentes nos materiais didáticos, buscando adequar sua ação didática à suas convicções.

O professor na faixa etária do grupo típico dessa classe encontra-se em um período de grande capacidade física e intelectual, que se traduz em energia e implicação profissional, e tem por característica a busca por desenvolvimento profissional (Sikes,1985 apud García, 1999). A complementação do que é proposto pelo livro didático adotado pode ser tanto indício dessa busca como de ajustes às compreensões sobre CM explicitadas.

5.8 Análise da classe H

A classe H (Figura 8) associa apenas três variáveis e, nela, é possível identificar que CM é considerado uma modalidade de cálculo que permite que se utilize uma diversidade de estratégias de resolução, inclusive o algoritmo convencional realizado mentalmente. Então, discorda totalmente que CM é memorizar a tabuada e concorda parcialmente que, nas aulas, busca relação entre CM e a resolução de problemas.

Essa classe apresenta coerência com alto índice de coesão e tem como grupo típico professores que cursaram Ensino Médio integralmente em escola pública (QA5a), com risco de 0.00546.

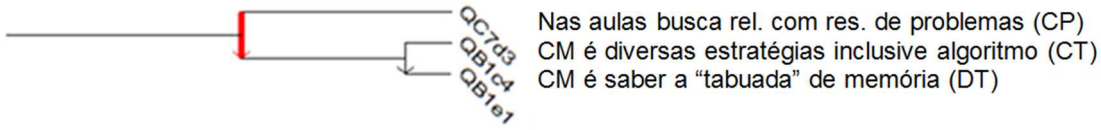


Figura 8: Árvore Coesitiva apresentando as relações observadas na classe H

Nessa classe, o CM não é entendido apenas como a memorização da tabuada, inclui o algoritmo convencional realizado mentalmente e não há convicção de que seu ensino esteja relacionado a propostas de resolução de problemas.

5.9 Análise da classe I

A classe I (Figura 9) associa três variáveis e indica a seguinte metarregra: “Se aprendeu a ensinar CM no curso de pedagogia, então, concorda parcialmente que o ensino dessa modalidade de cálculo é importante porque favorece a ampliação do conhecimento sobre números e o sistema de numeração”. Se essa associação ocorre, então, ao ensinar, utiliza exatamente o que é proposto pelo livro didático.

O grupo típico é formado por professoras com mais de 50 anos de idade, com risco zero.

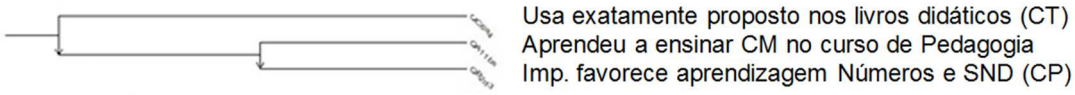


Figura 9: Árvore Coesitiva apresentando as relações observadas na classe I Fonte: Construção da autora com o uso do *software* CHIC

6 Considerações finais

As análises aqui apresentadas representam parte das classes produzidas pelo CHIC, detalhadas em nossa dissertação e nos permitem responder nossas questões de pesquisa: quais concepções e práticas professoras dos anos iniciais do Ensino Básico mobilizam quando ensinam cálculo mental? Quais são as características da prática pedagógica dos professores evidenciadas a partir do relato de suas práticas?

A Análise Coesitiva, permitiu verificar, nas classes formadas, uma pluralidade na forma como as professoras compreendem cálculo mental e relatam as suas práticas de ensino. Por meio dessa Análise Coesitiva, a partir das 21 classes selecionadas e aqui ilustradas por meio das 7 classes apresentadas, foi possível identificar a formação de dois grupos com características diversas quanto à concepção sobre cálculo mental e característica das práticas educativas.

De formas diferentes, é possível verificar, no grupo composto pelas classes A, D, E, F e G que os professores parecem compreender que o cálculo mental pode ser solucionado por meio de uma diversidade de estratégias e não permite encontrar apenas resultados exatos. Ele não está relacionado exclusivamente à rapidez, à memorização e à aprendizagem apenas da tabuada. Nessas classes, as professoras entendem que o CM favorece a ampliação dos conhecimentos dos alunos acerca das propriedades das operações e do SND.

Essas concepções estão relacionadas a uma prática de ensino que ultrapassa a lógica da explicação, exercitação, memorização e apontam para a busca de estratégias pessoais e diversas por parte dos alunos, que têm origem a partir da resolução de problemas, e não apenas por meio de cálculos isolados e/ou descontextualizados.

Nas situações de ensino, parte desse grupo de professoras indica permitir que os estudantes registrem as estratégias de cálculo utilizadas, o uso de computador e/ou calculadoras, de material manipulativo e jogos como recurso. Os alunos trabalham de forma individual e em grupos e há momentos para a análise coletiva das estratégias utilizadas. Os professores buscam favorecer a produção de explicação por parte dos alunos e há também relato de planejamento de aulas para complementar o que é proposto pelo livro didático.

O relato de práticas presentes parcialmente em cada uma dessas classes é acompanhado por declarações das professoras de que seus alunos estão mais envolvidos e motivados: “Os alunos estão pensando sobre as propriedades do sistema numérico e se sentindo mais desafiados, fazendo jogos e brincadeiras entre eles e até com os pais e irmãos”. Também houve destaque para “a troca entre os alunos...”, “o desenvolvimento do raciocínio e das propriedades do sistema de numeração” e a “exploração de diferentes estratégias de resolução” como aspectos positivos identificados em seus trabalhos.

No grupo formado pelas classes citadas, há afirmações sobre ter aprendido CM nas situações de vida cotidiana, e não na escolaridade inicial ou no curso de pedagogia, e sobre ter aprendido a ensinar CM nas escolas em que trabalha ou trabalhou.

Há associação nessas classes, como grupos típicos, tanto professoras que cursaram Ensino Fundamental em escolas particulares, como em escolas públicas.

Já no conjunto formado pelas classes B, C, H e I é possível inferir uma concepção de cálculo mental em que há pouca convicção que ele inclui uma diversidade de estratégias de resolução ou que estas devem ser escolhidas de acordo com a situação ou o cálculo envolvido. Também não se verifica convicção de que aprender cálculo mental favorece a ampliação dos conhecimentos dos números e do sistema de numeração. Diferentemente do grupo anterior, o algoritmo – realizado mentalmente – é considerado uma estratégia viável para a resolução desse tipo de cálculo, que deve ser realizado rapidamente e de forma exclusivamente mental, sem registro escrito (ou há pouca convicção sobre a presença deles).

Nesse grupo, há informações sobre prática de ensino que inclui a utilização exata do que é proposto pelo livro didático. Verifica-se pouca convicção sobre a importância de registros de estratégias ou novos conhecimentos, sobre a importância da resolução de problemas e sobre a escolha de estratégias de cálculos por parte dos alunos. Também não há uma busca por estabelecer relações com o sistema de numeração, com as propriedades ou produção de explicações. A importância sobre a tomada de decisões por parte dos alunos e a proposição de trabalhos em duplas e grupos não são citadas de forma convicta.

Nesse grupo, formado pelas classes B, C, H e I, há implicação de afirmações sobre ter aprendido CM nos anos iniciais da Escolaridade Básica, e não em situações de vida cotidiana. Também há indicação sobre ter aprendido a ensinar essa modalidade de cálculo no curso de pedagogia e com os colegas de profissão, e não em situações de formação continuada.

A associação dessas classes tem como grupos típicos tanto professores que cursaram Ensino Básico em escolas particulares como em escolas públicas, e a faixa etária são professoras com mais de 50 anos, nas classes B e I.

Nossas análises indicam coerência entre a forma como as professoras compreendem cálculo mental e as práticas educativas relatadas, ou seja, nas classes em que a forma de compreender cálculo mental se aproxima ao indicado por resultados de pesquisas, o relato de prática mantém a mesma aproximação; quando há oscilações dessas aproximações nas concepções, o mesmo se observa no relato de prática. O que parece oferecer mais um indício da relação entre concepções e práticas das professoras, corroborando com os estudos que indicam que a forma como os professores compreendem e explicam o objeto de ensino mantém estreita relação com a forma como desenvolvem as propostas de ensino. (Thompson, 1997; Ponte, 1992; Garnica, 2008; Guimarães, 2010).

Entendemos que nossa pesquisa não nos permite fazer afirmações conclusivas a respeito do tema investigado, uma vez que os fenômenos observados podem estar restritos a essas educadoras e às escolas onde atuam. Ressaltamos que os resultados obtidos apenas apresentam indícios que, esperamos, possam direcionar futuras pesquisas, que poderão confirmar ou não os apontamentos aqui presentes e realizar novas análises.

Esperamos que esse estudo contribua para discussões acerca da educação matemática, especificamente para o ensino do CM, no que diz respeito às concepções de professores dos anos iniciais, e possa, de alguma forma, apoiar a formação profissional dos educadores.

Referências

[1] Almouloud, S. Ag. *O que está por detrás do CHIC?* In: Valente, J.A. e Almeida, M. E. B. de (Org.). Uso do CHIC na formação de educadores: à guisa de apresentação dos fundamentos e das pesquisas e foco**.** Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015. p. 55-78. Disponível em: <https://issuu.com/letracapital/docs/uso_do_chic_na_forma____o_de_educad>. Acesso em: 15 abr. 2018.

[2] Almouloud, S. Ag; Coutinho, C. de Q. e S.; Silva, M. J. F. da. Mapeamento de conhecimentos de professores sobre Tecnologias de Informação e Comunicação e seus usos didático-pedagógicos. In: VIII COLLOQUE INTERNATIONAL – VIII INTERNATIONAL CONFERENCE A.S.I. ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE —STATISTICAL IMPLICATIVE ANALYSIS, 2015, Radès (tunisie). *Anais VIII International Conference A.S.I. Analyse Statistique Implicative.* Radès (Tunisie): Univ. Lyon, 2015. p. 1-37.

[3] Beneties, M. C. P. *Cálculo mental nos anos iniciais do ensino fundamental: dúvidas e expectativas.* 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2011.

[4] Brasil, Ministério da Educação e Cultura. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Brasília: MEC/SEF, 1997.142p.

[5] Brasil. Ministério da Educação e Cultura. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília: MEC/SEF, 2017. 472P.

[6] Figueiredo. T. M. De F. Q. *Possíveis relações entre competências de cálculo mental e iniciação algébrica de alunos de 6º e 7º anos do ensino fundamental***.** 2013. 182 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2013.

[7] Fontes, C. G. da. *O valor e o papel do cálculo mental nas séries iniciais*. 2010. 220 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
[8] García, C. M. *Formação de Professores - Para uma mudança educativa***.** Portugal: Porto Editora, 1999.
[9] Garnica, A. V. M. Um ensaio sobre as concepções de professores de Matemática: possibilidades metodológicas e um exercício de pesquisa. *Educação e Pesquisa: Revista da Faculdade de Educação da USP*, São Paulo, v. 34, n. 3, p.495-510, 2008.
[10] Gómez, A. B. Tipología de los errores en el cálculo mental: un estudio en el contexto educativo. *Enseñanza de Las Ciencias***:** Investigación y experiencias didácticas, Valência, v. 3, n. 13, p.313-325, 1995.
[11] Gras, R.; Régnier, Jean-Claude. Origem e desenvolvimento da Análise Estatística Implicativa (ASI). In: VALENTE, J.A. e ALMEIDA, M. E. B. de (Org.). *Uso do CHIC na formação de educadores: à guisa de apresentação dos fundamentos e das pesquisas e foco.* Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015. p. 36-42. Disponível em: <https://issuu.com/letracapital/docs/uso_do_chic_na_forma____o_de_educad>. Acesso em: 15 abr. 2018.
[12] Guimarães, H. M. Concepções, crenças e conhecimentos – afinidades e distinções essenciais. *Quadrante*, Lisboa, v. XIX, n. 2 , p. 81-102, 2010. Disponível em:<http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/11019/1/ConcepCrenConhec_Quadrante>. Acesso em: 28 maio 2017.
[13] Guimarães, S. D. *A prática regular de cálculo mental para ampliação e construção de novas estratégias de cálculo por alunos do 4º e 5º ano do ensino fundamental*. 2009. 263 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.
[14] Guimarães, S. D.; Freitas, J. L. M. de. Contribuições de uma Prática Regular de Cálculo Mental para a Aprendizagem de Conceitos Matemáticos nos Anos Iniciais. *Educação Matemática e Pesquisa,* São Paulo, v.12, n.2, pp.292-309, 2010.
[15] Magalhães, L. M. de. *Procedimentos de cálculo e sentido de número: uma aproximação no contexto da sala de aula*. 2012. 205 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
[16] Parra, C. Cálculo mental na escola primaria. In: PARRA, C.; SAIZ, I. (Org.). *Didática da matemática: reflexões psicopedagógicas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p. 186-235.
[17] Ponte, J. P. da. Concepções dos Professores de Matemática e Processos de Formação. *Educação Matemática: Temas de Investigação*, Lisboa, p.185-239, 1992. Disponível em: < http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/docs-pt/92-Ponte(Ericeira).pdf >. Acesso em: 25 maio 2017.
[18] Rodrigues, W. S. *Base dez: o grande tesouro matemático e sua aparente* simplicidade**.** 2001. 151 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2001.

[19] São Paulo. Secretaria Estadual de Educação. Orientações Curriculares do Estado de São Paulo. *Currículo de Matemática dos anos iniciais do Ensino Fundamental*. 2014. Versão preliminar. 48p.

[20] São Paulo. Secretaria Municipal de Educação. *Currículo da Cidade*: Ensino Fundamental: Matemática. São Paulo: SME/COPED, 2017. 128 p.

[21] Thompson, A. G. A relação entre concepções de matemática e de ensino de matemática de professores na prática pedagógica. *Zetetiké*, Campinas, v. 5, p.11-44, 1997.

Anexo

Legendas das variáveis utilizadas pelo CHIC

VARIÁVEIS SUPLEMENTARES					
3- Idade					
29 a 33 anos	qA3b s	34 a 40 anos	qA3c s		
41 a 50 anos	qA3d s	mais de 50 anos	qA3e s		
12- Tempo de atuação no magistério					
7 a 25 anos	qA12c s	26 a 35 anos	qA12d s	35 a 40 anos	qA12e s
4- Onde cursou o Ensino Fundamental					
Escola pública (integralmente)	qA4a s	Maior parte em escola pública	qA4c s		
Escola particular (integralmente)	qA4b s	Maior parte em escola particular	qA4d s		
5- Onde cursou o Ensino Médio					
Escola pública (integralmente)	qA5a s	Escola particular (integralmente)	qA5b s	Maior parte em escola particular	qA5d s
6- Formação profissional					
Magistério e Pedagogia	qA6b s	Pedagogia	qA6c s		
Magistério e/ou pedagogia e outros	qA6d s				
7- Fez Pós-Graduação					
Não	qA7aS s	Não	qA7aN s	Atualização (sim)	qA7bS s
Atualização (não)	qA7bN s	Aperfeiçoamento (sim)	qA7cS s		
Aperfeiçoamento (não)	qA7cN s	Especialização (sim)	qA7dS s		
Especialização (não)	qA7dN s	Mestrado (sim)	qA7eS s	Mestrado (não)	qA7eN s
9. Sobre a sua aprendizagem de cálculo mental, você diria que:					
Sabe calcular mentalmente de forma insuficiente	qA9b s				
Calcula mentalmente de forma razoável	qA9c s				
Calcula muito bem mentalmente	qA9d s				
10. A- Sua experiência com a aprendizagem de CM é muito positiva.					
Discordo totalmente	Qa10ADT s	Discordo	qA10AD s		
Concordo	qA10AC s	Concordo totalmente	qA10ACT s		
10. B- Sua formação profissional para o ensino do cálculo mental é muito sólida.					
Discordo totalmente	Qa10BDT s	Discordo	qA10BD s		
Concordo	Qa10BC s	Concordo totalmente	Qa10BCT s		

VARIÁVEIS ATIVAS			
8 – Sobre a sua aprendizagem de cálculo mental, você diria:			
Que aprendeu nos anos iniciais da escola básica (Fundamental I) (SIM)	*qA8as*		
Que aprendeu nos anos iniciais da escola básica (Fundamental I) (NÃO)	*qA8an*		
Que aprendeu nos anos finais da escola básica (Fundamental II) (SIM)	*qA8bs*		
Que aprendeu nos anos finais da escola básica (Fundamental II) (NÃO)	*qA8bn*		
Que aprendeu em situações da vida cotidiana (SIM)	*qA8ds*		
Que aprendeu em situações da vida cotidiana (NÃO)	*qA8dn*		
11. Onde aprendeu a ensinar cálculo mental?			
No curso de magistério (sim)	*qA11as*	*No curso de magistério (não)*	*qA11an*
No curso de pedagogia (sim)	*qA11bs*	*No curso de pedagogia (não)*	*qA11bn*
Em cursos de formação continuada (sim)	*qA11cs*	*Em cursos de formação continuada (não)*	*qA11cn*
Nas escolas em que trabalhou/a (sim)	*qA11ds*	*Nas escolas em que trabalhou/a (não)*	*qA11dn*
Com seus colegas de profissão (sim)	*qA11es*	*Com seus colegas de profissão (não)*	*qA11en*
Com os seus profs qdo era estudante (sim)	*qA11fs*	*Com os seus profs qdo era estudante (não)*	*qA11fn*

PARTE B - SOBRE O CÁLCULO MENTAL				
1. Cálculo mental é:	**discordo totalmente**	**discordo parcialmente**	**concordo parcialmente**	**concordo totalmente**
a- o cálculo realizado "de cabeça" sem a presença de nenhum tipo de registro escrito	qB1a1	qB1a2	qB1a3	qB1a4
b- o cálculo realizado com rapidez	qB1b1	qB1b2	qB1b3	qB1b4
c- uma modalidade de cálculo que permite que se utilize uma diversidade de estratégias de resolução, inclusive o algoritmo convencional "feito na cabeça"	qB1c1	qB1c2	qB1c3	qB1c4
d- é um cálculo em que se elege a estratégia mais adequada de resolução de acordo com a situação e as características dos números envolvidos.	qB1d1	qB1d2	qB1d3	qB1d4
e- é saber a "tabuada" de memória	qB1e1	qB1e2	qB1e3	
f- é o cálculo que permite encontrar apenas os resultados exatos	qB1f1	qB1f2	qB1f3	
g- é o cálculo cujos resultados devem estar todos memorizados	qB1g1	qB1g2	qB1g3	
2. O ensino do cálculo mental:				
b- é importante apenas para que os alunos desenvolvam habilidades de cálculo escrito (algoritmo convencional)	qB2b1	qB2b2	qB2b3	
c- é importante porque apoia a capacidade de resolução de problemas	qB2c1		qB2c3	qB2c4
d- é importante porque favorece a ampliação do conhecimento sobre números e sobre o sistema de numeração		qB2d2	qB2d3	qB2d4
e- é importante apenas para que os alunos saibam cálculos de memória	qB2e1	qB2e2	qB2e3	
f- é importante porque favorece uma forma de aprendizagem que estimula uma melhor relação dos alunos com a área de conhecimento uma vez que seu ensino promove a reflexão dos estudantes			qB2f3	qB2f4
g- é importante porque favorece a aprendizagem das propriedades das operações		qB2g2	qB2g3	qB2g4
3. Grau de importância atribuído ao ensino do cálculo mental no ensino fundamental I, em uma escala de 1 a 4	qB33	qB34		

PARTE C - SOBRE A SUA PRÁTICA PROFISSIONAL PARA O ENSINO DE CÁLCULO MENTAL **1. Com que frequência você realiza aulas que têm o cálculo mental como foco central do trabalho?**					
Diariamente	qc1D	Semanalmente	qc1S	Mensalmente	qc1M
2. Recursos utilizados com maior frequência nas aulas que envolvam cálculo mental?					
Resolução de problemas	qC2as	Resolução de problemas	qC2an	Livro didático ou apostila	qC2bs
Livro didático - sim	qC2bn	Material manipulativo experimental - sim	qC2cs	Material manipulativo experimental - não	qC2cn
Computador, calculadora (ou multimídia) sim	qC2ds	Computador, calculadora (ou multimídia) não	qC2dn		
Jogos – sim	qC2fs	Jogos - não	qC2fn		
3. Conhecimento sobre o que dizem as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais sobre o ensino do cálculo mental no segmento em que atua?					
Não conheço	qc3n	Pouco	qC3p		
Sim, suficientemente	qC3su	Sim, completamente	qC3c		
4. Você utiliza as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais sobre o ensino do cálculo mental no planejamento de suas aulas?					
Nunca	qC4n	Às vezes	qC4v		
Sempre	qC4s	Frequentemente	qC4SEM		

5. Grau de satisfação com a sua prática de ensino do cálculo mental, em uma escala de 1 a 4	qC51	qC52	qC53	qC54
6. Para ensinar cálculo mental você:	**discordo totalmente**	**discordo parcialmente**	**concordo parcialmente**	**concordo totalmente**
a- Utiliza exatamente o que é proposto pelos livros didáticos	qC6a1	qC6a2	qC6a3	qC6a4
b- planeja aulas para complementar o que é proposto no livro didático utilizado	qC6b1		qC6b3	qC6b4
c- utiliza os resultados de pesquisas sobre o ensino de cálculo mental para o planejamento de suas aulas	qC6c1	qC6c2	qC6c3	qC6c4
d- Propõe situações em que os alunos precisam resolver problemas		qC6d2	qC6d3	qC6d4
e- Considera importante que as estratégias de cálculo utilizadas tenham origem em situações de resolução de problemas		qC6e2	qC6e3	qC6e4
f- considera importante que os alunos escolham as estratégias de cálculo que serão utilizadas para resolver as situações propostas			qC6f3	qC6f4
i- pede para que os alunos registrem as estratégias utilizadas pois considera que recuperá-las será importante para a sua aprendizagem			qC6i3	qC6i4
j- não permite nenhum tipo de registro porque considera que isso prejudica o desenvolvimento das aprendizagens	qC6j1	qC6j2		
k- propõe momentos para a análise coletiva das estratégias de cálculo utilizada pelos alunos			qC6k3	qC6k4
l- Propõe momentos de registros escritos sobre os novos conhecimentos construídos pelos alunos	qC6l1	qC6l2	qC6l3	qC6l4
m- Propõe momentos alternados de trabalho individual e trabalho em grupo			qC6m3	qC6m4
n- propõe apenas momentos de trabalho individual	qC6n1	qC6n2	qC6n3	
o- Propõe apenas momentos de trabalho em grupo	qC6o1	qC6o2	qC6o3	
7. Nas aulas sobre cálculo mental você busca estabelecer relação entre:				
a- Cálculo mental e cálculo algoritmo	qC7a1	qC7a2	qC7a3	qC7a4
b- Cálculo mental e as propriedades das operações		qC7b2	qC7b3	qC7b4
c- Cálculo mental e as propriedades do sistema de numeração		qC7c2	qC7c3	qC7c4
d- Cálculo mental e resolução de problemas			qC7d3	qC7d4
e- Cálculo mental e produção de explicações		qC7e2	qC7e3	qC7e4

ANALYSE DES ECRITS DES ELEVES LORS DE LA PROBLÈMES MATHÉMATIQUES

Brahim EL-MEKAOUI[1], Jean-Claude RÉGNIER[2]

ANALYSIS OF STUDENT WRITINGS DURING THE MATHEMATICAL PROBLEMS

RÉSUMÉ

Lors de la résolution de problèmes mathématiques, un lien très fort s'installe entre deux disciplines : les mathématiques en tant qu'activité scientifique et la production écrite en tant qu'activité linguistique. Autrement dit, la résolution de problèmes qui est le fondement de l'activité mathématique met en connexion plusieurs connaissances disciplinaires qu'à la fin l'élève doit communiquer dans un texte cohérent. Cette idée renvoie, d'une part, à l'interdisciplinarité d'autre part au transfert de savoirs et de compétences. En outre, l'écrit et l'écriture restent le caractère dominant de la culture scolaire, même si l'oral a toujours son rôle fondamental dans le milieu scolaire. Comment développer la compétence scripturale des apprenants à travers les disciplines scolaires ? Quels sont les attitudes scripturales des élèves lors de la résolution de problèmes mathématiques ? Est-il possible de les développer à travers une approche interdisciplinaire ?

Mots-clés : *attitudes scripturales, résolution de problèmes mathématiques, production écrite.*

ABSTRACT

When solving mathematical problems, there is a strong link between two disciplines: mathematics as a scientific activity and written production as a linguistic activity. In other words, problem solving, which is the foundation of mathematical activity, connects several disciplinary knowledges that at the end the student must communicate them in a coherent text. This idea refers, on the one hand, to interdisciplinarity on the other hand to the transfer of knowledge and skills. In addition, writing remain the dominant characteristic of school culture, even if the oral has always played a fundamental role in the school environment. How to develop the scriptural competence of the learners through the school disciplines? What are the scriptural attitudes of students when solving mathematical problems? Is it possible to develop them through an interdisciplinary approach?

Keywords: *Scriptural attitudes, Solving mathematical problems, written production.*

1 Introduction

Dans le cadre de l'approche par compétence, l'enseignant vise à développer chez l'élève un certain nombre de compétences pour le rendre performant et capable de résoudre les problèmes de la réalité naturelle, humaine et sociale dans laquelle il vit. Selon cette approche, les savoirs et les connaissances deviennent des ressources, parmi d'autres, pour le développement des compétences spécifiques et transversales. En fait, l'école doit, d'une part, aider l'élève à construire des savoirs (connaissances) relevant de différents

[1] Université de Lumière Lyon 2, ED 485 EPIC, UMR 5191, brahimabosalah@yahoo.com

[2] Université de Lumière Lyon 2, ED 485 EPIC, UMR 5191, jean-claude.regnier@univ-lyon2.fr (France) – National Research Tomsk State University – Tomsk (Sibérie - Russie)

champs disciplinaires et, d'autre part, lui permettre le développement progressif de ses compétences à travers des situations réelles ou proches de la vie réelle. Ces dernières lui permettent de s'entrainer à mettre en connexion les connaissances disciplinaires, à les mobiliser selon les exigences de la situation et de les donner de sens pratique. Ainsi, c'est à partir de l'idée que *«apprendre c'est établir un réseau »* (Astolfi J.-P., 1993) que les pratiques d'enseignement doivent tenir en compte une dimension d'interdisciplinarité et de complémentarité entre les connaissances et les activités d'apprentissage. Car, comme il a souligné Yves Lenoir (2015), *« le recours à l'approche interdisciplinaire a pour raison d'être de promouvoir la mobilisation des processus et des savoirs pour assurer la réalisation de l'action et sa réussite, c'est-à-dire de favoriser et faciliter chez les étudiants l'intégration des processus d'apprentissage et l'intégration des savoirs, ainsi que leur mobilisation et leur application dans des situations réelles de vie »*.

Dans cet article nous continuons le travail que nous avons publié lors du colloque ASI9 en le consacrant à traiter et interpréter les données récoltées auprès d'une autre catégorie d'élèves. Avant d'exposer les résultats de l'application des outils de l'Analyse Statistique Implicative à ces données, il nous semble pertinent de rappeler brièvement du cadre théorique de cette recherche.

2 Résolution de problèmes mathématiques et développement de la compétence scripturale

Durant les différentes étapes de la résolution d'un problème mathématique, l'élève se sert de ses compétences langagières (2.1). En outre plusieurs pratiques pédagogiques à caractère interdisciplinaire peuvent l'aider à développer ces dernières lors des activités mathématiques (2.2).

2.1 Du rapport des mathématiques à la langue naturelle

Les activités de la résolution problèmes mathématiques constituent une réelle occasion de mettre en connexion différentes sortes de connaissances, de savoir-faire et de savoir-être à condition de partir de situations ayant sens pour l'élève. Ainsi, dans un premier moment, l'élève lit l'énoncé du problème et l'analyse pour le comprendre en se servant de connaissances acquises dans des disciplines linguistiques (langues enseignées et/ou d'enseignement) mais aussi dans les autres disciplines scolaires (scientifiques, artistiques, humanités …). Après la compréhension, la recherche d'une solution se base, principalement, sur des concepts et des techniques mathématiques (formules, opérations arithmétiques, figures géométriques, graphes …) acquis dans les cours des mathématiques mais développés et enrichis dans d'autres disciplines. Dans un troisième temps, l'élève, seul ou en coopérant avec ses pairs, doit formuler la solution trouvée en rédigeant une phrase réponse (ou un texte) pour communiquer avec le groupe-classe ou l'enseignant. Ces trois moments correspondent aux trois premières phases de la résolution d'une situation-problème décrites par Guy Brousseau : action, formulation et validation (Fabre M., 1999, p. 88 et 92 ; Régnier JC. 2016, p. 77-79). En outre, lors de la phase d'institutionnalisation ou d'identification des savoirs construits, l'usage de la langue naturelle est important surtout à l'école primaire et au collège. Il semble que dans trois étapes, au moins, l'élève se trouve en rapport à l'écrit et l'écriture où il doit se servir de ses compétences langagières dans une discipline non linguistique à savoir les mathématiques. Ce qui implique que, même les sciences des concepts et de signes comme

les mathématiques passent aussi par la langue. Nous avançons cette idée en citant J.-M. Lévy-Leblond (1996, p.233) qui a précisé que *«non seulement on ne peut se dispenser du recours à la langue, mais la tentation d'en faire l'économie se solde souvent par l'apparition et la persistance de redoutables obstacles épistémologiques »*. Et en citant le problème de l'âge du capitaine, Lévy-Leblond a conclu « *qu'il n'y a pas de compréhension sans entendement –pas de sciences sans langue. Ou plutôt : pas de sciences sans langues »* (Ibid., p. 251).

2.2 Narration de recherche et changement de destinataire dans la résolution de problèmes mathématiques : un dispositif à caractère interdisciplinaire

Du point de vue de leur fonction didactique, les problèmes scolaires peuvent être répartis en plusieurs catégories. Il s'agit des exercices d'application qui suivent la leçon, des problèmes de découverte qui servent à aborder une nouvelle notion, des évaluations ou tests qui permettent l'évaluation des apprentissages et des problèmes de modélisation qui visent à mathématiser une situation concrète. Toutefois, cette panoplie de problèmes scolaires se complète par le problème ouvert et la situation-problème (Fabre M., 1999, p.86-87). Ces deux dernières ont un rôle très important dans l'apprentissage parce qu'ils constituent une occasion d'acquérir de l'autonomie et la confiance en soi et d'éveiller la curiosité de rechercher et d'apprendre. En plus de ces rôles, on peut penser des dispositifs qui orientent la résolution des problèmes mathématiques vers le développement des compétences langagières des élèves. C'est les cas de la narration de recherche et du changement de destinataire.

Dans ce sens, les travaux de Bonafé F. et Al. (2002) au sein l'Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques (IREM) de Montpellier ont montré que la narration de recherche puisse être une pratique efficace dans l'enseignement des mathématiques. Ils ont précisé que cette pratique permet l'amélioration du langage mathématique et de contribuer à sa maîtrise ainsi que la capacité de démontrer parce qu'elle valorise non seulement la recherche proprement dite d'une solution mais surtout la démonstration et la rédaction des solutions. En fait, en demandant à l'élève de raconter les étapes de sa recherche, de façon chronologique et avec le plus de précision possible, *"la narration de recherche lui permet de faire état de ses réflexions, de ses doutes, de ses essais, de ses erreurs ; même s'il ne parvient pas à la solution, il apporte ainsi la preuve de son travail"* (Banofé F. et al., 2002, p. 15). En outre, le changement de destinataire dans la résolution de problème peut avoir des effets sur la manière dont l'élève présente sa solution. Dans ce type d'activité, on demande aux élèves d'un niveau scolaire de rédiger la solution d'un problème pour des élèves d'un niveau scolaire inférieur. Pour illustrer, Il nous semble important de citer la recherche de Aimé Hachelouf, Dominique Dourojeanni et Christiane Serret (2006) portant sur la résolution des problèmes mathématiques. Dans leur dispositif didactique, ces chercheurs ont demandé aux élèves de la 3°, dans un premier temps, de résoudre des problèmes mathématiques et, dans un second temps, ils ont demandé aux mêmes élèves une nouvelle rédaction de la solution pour les élèves de 4°. Après l'analyse des deux copies de chaque élève, ils ont constaté que :

Les premières copies se caractérisent par leur brièveté et se résument à des suites de calculs parfois éclairées par des phrases intermédiaires.

Les copies s'adressant aux élèves de 4° sont nettement plus longues et les calculs sont moins importants en quantité que les discours qui les accompagnent. Elles sont aussi

caractérisées par l'organisation en paragraphes avec usage des connecteurs logiques et chronologiques.

Ils ont conclu qu'en changeant le destinataire, « l'approche psychosociale de l'activité cognitive oblige chaque élève s'adressant à un élève plus jeune à objectiver par l'écrit les éléments de méthode discutés avec l'enseignant » (Hachelouf, Dourojeanni et Serret, 2006, p.248).

A la lumière de ces pratiques, nous avons élaboré une expérimentation que nous menons simultanément au Maroc et en France, dans le cadre d'une thèse en sciences de l'éducation sous la direction du professeur Jean-Claude Régnier. Il s'agit d'une recherche visant à étudier les effets potentiels d'une pratique enseignante combinant la narration de recherche et le changement de destinataire sur l'amélioration des attitudes scripturales des élèves lors de la résolution de problèmes mathématiques. Lors du colloque ASI, nous avons présenté une partie des données collectées avec des élèves scolarisés en France (El-Mekaoui, 2017). Et nous consacrons cet article à traiter des données collectées auprès des élèves marocains.

3 Approche méthodologique

Nous présentons brièvement, dans cette section, le protocole suivi pour collecter les données auprès des élèves.

3.1 Terrain et outil de construction de données

Les données traitées dans cet article ont été récoltés selon le protocole suivant :

Dans cette expérimentation les élèves ont été sollicités en cinq reprises : 4 pour répondre aux tests et la 5ème pour remplir le questionnaire. Et pour uniformiser les conditions de la passation des tests, nous avons adressé aux enseignants un document explicatif contenant deux parties.

Chaque test comporte 2 consignes. La tâche de la première consigne est mathématique car on demande à l'élève de résoudre le problème proposé. Dans la seconde consigne, on lui demander de « communiquer » avec des élèves d'un niveau inférieur en leur réexpliquant l'énoncé du problème et sa manière de trouver sa réponse (voir annexe 1).

- ✓ La passation de l'expérimentation s'effectue selon le planning suivant :
  - Problème " Balance " : janvier 2017
  - Problème " Sac " : février 2017
  - Problème " Verger " : mars 2017
  - Problème " Monnaie " : avril 2017
  - Questionnaire : mai 2017
- ✓ Durée : 45 à 60 minutes pour chaque problème
- ✓ Le public concerné : les élèves de la 5ème 6ème année d'enseignement primaire scolarisés dans l'académie de la région de l'orient au Maroc

Au total, l'expérimentation a porté sur 156 élèves : 73 filles et 83 garçons.

	Effectifs	Pourcentage
Filles	73	46,8
Garçons	83	53,2
Ensemble	156	100,0

Tableau 32- Répatition des individus selon leur sexe

3.2 Hypothèse

Nous avançons comme hypothèse que :

Les attitudes scripturales des élèves lors de la résolution de problèmes mathématiques ne reflètent pas leur compétence scripturale générale mais elles sont une adaptation de cette dernière au contexte scolaire spécifique caractérisant l'enseignement des mathématiques.

3.3 Variables et résultats

Afin de bien traiter les données collectées et par conséquent de mettre à l'épreuve la validité de cette hypothèse, nous avons décidé de bénéficier des apports de l'approche Analyse Statistique Implicative (ASI). En fait, à travers son outil informatique CHIC, cette méthode permet d'étudier les liens existant entre des items codés d'une façon binaire.

Par rapport à notre recherche, nous estimons que cette méthode nous permette de croiser les discours des élèves (recueillis par le questionnaire) sur leurs pratiques effectives en mathématiques et en activités langagières (extraites des réponses au test). Ainsi, nous avons pris 30 variables : 24 des données recueillies par questionnaire et 6 de celles extraites du test « Sac ». Les réponses par « oui » sont codées « 1 » et celles par « non » le sont par « 0 ».

Les variables binaires sont les suivantes :

V01 Sexe : Homme / Femme
V02 Vous aimez les mathématiques
V03 Votre niveau en mathématiques V03TB = très bien » ; V03B=bien ; V03M=moyen ; V03F=faible ; V03TF=très faible
V04 Vous aimez les activités de la résolution de problèmes mathématiques
V05 Lors de la résolution de problèmes mathématiques, quand vous écrivez, vous cherchez plutôt à faire des phrases courtes
V06 Lors de la résolution de problèmes, quand vous écrivez, vous cherchez plutôt à faire des phrases longues
V07 Quand vous résolvez un problème mathématique, vous (ne) relisez votre réponse V07J=jamais ; V07R=rarement ; V07P=parfois ; V07S=souvent ; V07CF=chaque fois
V08 Quand vous relisez votre réponse à un problème mathématique, vous vous intéressez plus à vérifier que la réponse soit correcte
V09 Quand vous relisez votre réponse à un problème mathématique, vous vous intéressez plus à corriger les fautes de la langue
V10 Quand vous relisez votre réponse à un problème mathématique, vous vous intéressez plus à faire un texte cohérent avec des idées claires
V11 Vous pensez que le professeur des maths s'intéresse à la manière dont vous exposez votre réponse
V12 Votre niveau en arabe
V12TB = très bien » ; V12B=bien ; V12M=moyen ; V12F=faible ; V12TF=très faible
V13 Vous aimez les activités de la production écrite
V14 Lors des activités de la production écrite en arabe, quand vous écrivez, v ous cherchez plutôt à faire des phrases courtes
V15 Lors des activités de la production écrite en arabe, quand vous écrivez, vous cherchez plutôt à faire des phrases longues

Tableau 2a- Variables binaires issues des questions du questionnaire

V16 Quand vous répondez à un exercice de production écrite en arabe, vous (ne) relisez votre réponse V16J=jamais ; V16R=rarement ; V16P=parfois ; V16S=souvent ; V16CF=chaque fois
V17 Quand vous relisez votre réponse à un exercice de production écrite en arabe, vous vous intéressez plus à vérifier que la réponse soit correcte
V18 Quand vous relisez votre réponse à un exercice de production écrite en arabe, vous vous intéressez plus à corriger les fautes de la langue
V19 Quand vous relisez votre réponse à un exercice de production écrite en arabe, vous vous intéressez plus à faire un texte cohérent avec des idées claires
V20 Vous pensez que le professeur d'arabe s'intéresse à la manière dont vous exposez votre réponse
V21 Vous donnez plus d'importance à la qualité de votre écrit dans la résolution de problèmes mathématiques
V22 Vous donnez plus d'importance à la qualité de votre écrit dans la production écrite en arabe
V23 Vous pensez que le professeur accorde plus d'importance à la qualité de votre écrit dans la production écrite en arabe
V24 Vous pensez que le professeur accorde plus d'importance à la qualité de votre écrit dans la résolution de problèmes mathématiques
V25 Vous avez répondu correctement au problème « Sac » (la consigne mathématique (A))
V26 Vous avez répondu à la consigne mathématique A par un texte
V27 Vous avez réexpliqué correctement le problème « Sac » (consigne B 1)
V28 Vous avez répondu à la consigne B 1 par un texte
V29 Vous avez expliqué par texte votre manière de répondre à la consigne A
V30 Vous avez utilisé des connecteurs logiques et chronologiques dans votre dernier écrit (la consigne B 2)

Tableau 2b- Variables binaires issues des questions du questionnaire

4 Interprétation des résultats et discussions

Avant d'exposer les résultats obtenus par l'usage du logiciel C.H.I.C[3], nous présentons brièvement quelques éléments sur les performances des élèves dans les tests mathématiques.

4.1 Résultats des tests d'évaluation et performances des sujets

Il s'agit d'exposer ici les apports des traitements effectués des données extraites des réponses des élèves aux quatre versions du test mathématique présenté aux élèves. Nous avons codé une réussite forte par R+, une réussite faible par R- et un échec par erreur par E et l'échec par non-réponse par N.

[3] C.H.I.C : Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive (Gras R., 2015, p. 19).

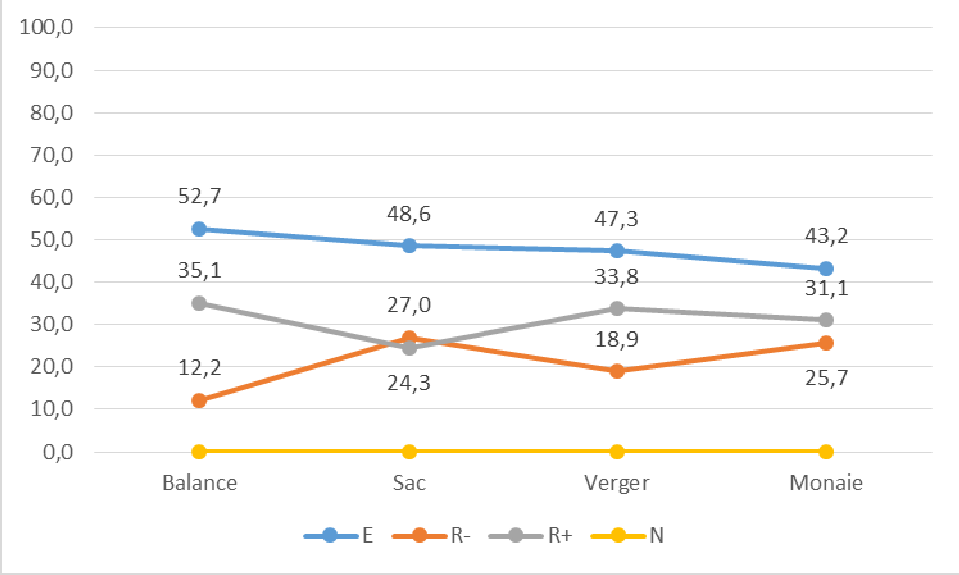


Figure 1 - Evolution de degré de performance des élèves durant l'expérimentation

Nous constatons, tout d'abord, les taux de réponses erronées décroissent de manière significative durant les quatre phases de l'expérimentation. En fait, si au début, le taux des élèves qui ont échoué à trouver une réponse correcte au problème « Balance » est de 52,7%, au dernier problème ce taux a reculé à 43,2%. Parallèlement à cette décroissance, nous remarquons une amélioration des taux de réussite forte (R+) et de réussite faible (R-). Ainsi, le pourcentage des élèves qui ont réussi à résoudre correctement les problèmes mathématiques a été doublé en passant de 12,2% au début de l'expérimentation à 25,7% à sa fin.

4.2 Usage du logiciel CHIC pour le traitement de données obtenues

Nous exposerons les résultats obtenus grâce à la méthode Analyse Statistique Implicative (ASI) afin de voir si des liens existent entre les divers items préalablement explicités (§ 4.3).

Grâce à la méthode ASI, nos 30 variables seront traitées comme variables binaires et nous étudierons successivement le graphe implicatif et l'arbre cohésitif.

D'abord, exposons les données du graphe implicatif qui nous renseigne quant aux tendances entre les différentes variables.

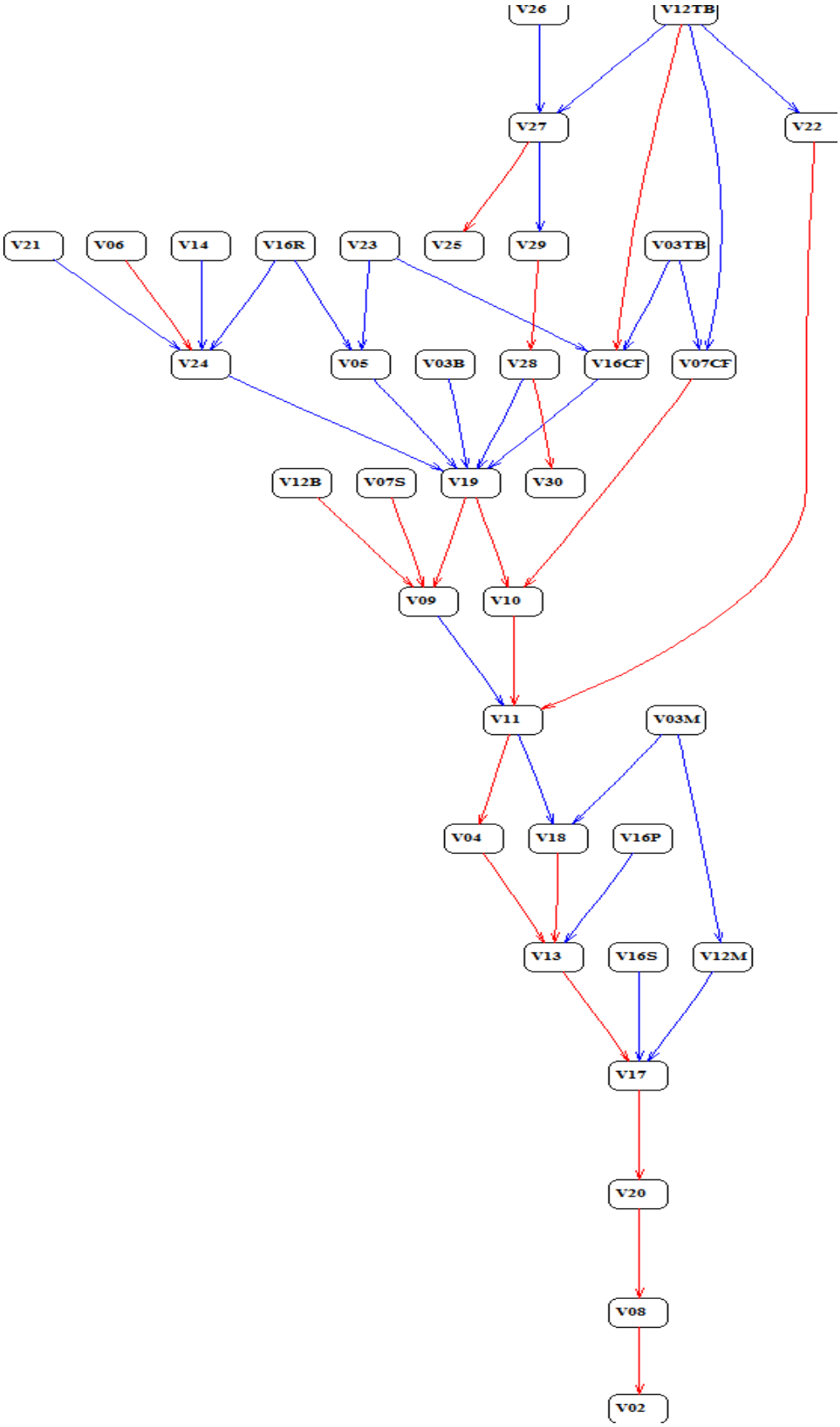


Figure 2 - Graphe implicatif

Le graphe obtenu montre une « chaîne nette » allant de la variable V12TB (Vous avez un niveau « très bien » en arabe) à la variable V02 (Vous aimez les mathématiques) au niveau de confiance de 0.98 (flèche rouge) : V12TB → V22 → V11 → V04→ V13 → V17 → V20 → V08 → V02. En fait, les élèves qui se sentent avoir un bon niveau en langue arabe (V12TB) donnent plus d'importance à la qualité de leurs écrits dans la production écrite (V22) et en pensant que le professeur des maths s'intéresse à la manière dont ils exposent les réponses (V11) ils aiment les activités de la résolution de problèmes mathématiques (V04) et de la production écrite (V13). Ces mêmes qui finissent par aimer les mathématiques (V02) quand ils relisent leurs réponses à un exercice de production écrite (V17) ou à un problème mathématique, ils s'intéressent plus à vérifier que les réponses soient correctes sous prétexte que leur professeur s'intéresse à la manière dont ils les exposent.

Une autre chaîne aussi importante s'installe entre les variables V26, V27, V28, V29 et V30 : V26 → V27 → V28 → V29 → V30. Ainsi, les élèves qui ont écrit un texte pour résoudre le problème mathématiques (V26) ont aussi rédigé un texte pour réexpliquer correctement son énoncé (V27 et V28) et pour raconter leur manière de recherche (V29) en employant des connecteurs logiques et chronologiques (V30). Cette liaison s'avère nette lorsqu'on se centre sur la variable V25 (Vous avez répondu correctement au problème « balance ») :

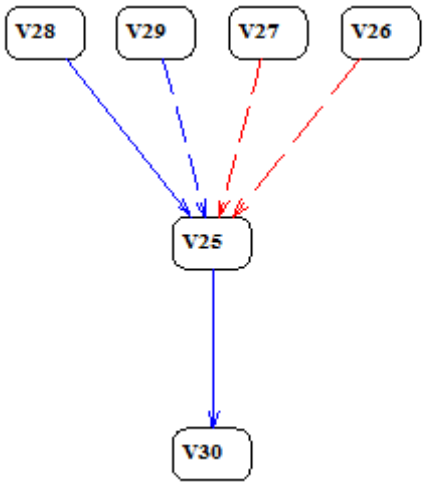


Figure 3 - Cône implicatif au seuil de 0.95 centré sur la variable V25

Au niveau de confiance de 0.98, une quasi-implication s'avère nette entre le fait d'avoir répondu correctement au problème « mathématique » et le fait d'avoir réexpliqué correctement l'énoncé de ce même problème aux élèves d'un niveau scolaire inférieur (V25 → V27). Autrement dit, si on a expliqué correctement ce qui est demandé dans un problème mathématique c'est qu'on a résolu correctement ce dernier. **Ce constat**[4] **nous apparaît important dans le travail didactique, car il montre l'impact de la phase lecture-compréhension d'un problème mathématique sur la réussite de l'élève à trouver une solution correcte.** A ce propos, dans notre questionnaire de recherche, nous avons posé une question visant à savoir comment l'élève se comporte s'il n'a pas compris l'énoncé d'un problème :

« Lorsque tu trouves des difficultés à comprendre ce qui est demandé dans un problème mathématique :

[4] Nous avons obtenu le même constat avec des élèves scolarisés en France (El-Mekaoui, 2017).

□ Tu t'engages dans la recherche d'une solution (A)

□ Tu penses qu'il suffit d'appliquer une ou des opérations arithmétiques aux chiffres donnés dans l'énoncé pour trouver la solution (B)

□ Tu ne cherches pas à le résoudre (C) »

La figure suivante montre les réponses des élèves interrogés.

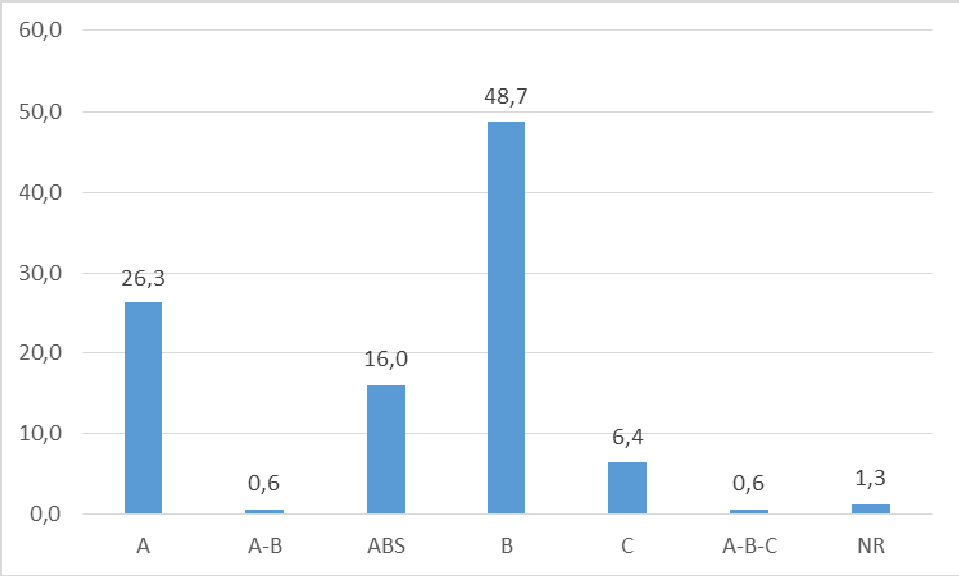


Figure 4 - Ce que font les élèves en cas de l'incompréhension de l'énoncé d'un problème mathématique

Ces résultats montrent que presque la moitié des élèves (48,7% + 0,6% + 0,6%) réduisent la recherche d'une solution d'un problème mathématique à l'application des opérations arithmétiques aux chiffres donnés dans son énoncé.. Et un quart d'eux (26,3%) s'engagent dans la recherche d'une solution d'un problème même s'ils n'ont pas compris ce qui est demandé. Ainsi, pour ces élèves aussi, comme l'a écrit Jean-Claude Duperret (2002, p.6) : *« résoudre un problème c'est faire des opérations »*.

En descendant aux niveaux plus bas et en se centrant sur la variable V10 (Quand vous relisez votre réponse à un problème mathématique, vous vous intéressez plus à faire un texte cohérent avec des idées claires), nous obtenons le cône implicatif suivant :

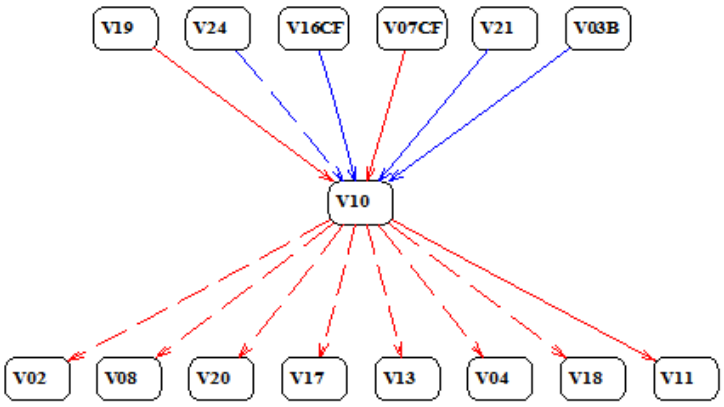


Figure 33 - Cône implicatif au seuil de 0.95 centré sur la variable V10

Nous constatons que les élèves qui relisent à chaque fois (V16CF) leur réponse à problème mathématique en s'intéressant plus à faire un texte cohérent avec des idées claires (V10) sont ceux qui donnent plus d'importance à la qualité de leur écrit (V21) en pensant que le professeur lui accorde plus d'importance (V24) et qui adoptent la même

attitude lors de la production écrite (V19 et V16CF). Autrement dit, les élèves qui sont habitués lors de la production écrite à clarifier leurs idées et soigner leurs textes transposent cette compétence en activités de résolution de problèmes mathématiques.

Ce constat s'avère très claire si on fait recours à un l'autre traitement fourni par le logiciel CHIC, à savoir l'arbre cohésitif. Rappelons que ce dernier nous renseigne sur le degré de cohésion entre les différentes variables et que plus le degré de cohésion est proche de 1, plus la cohésion entre les variables est forte.

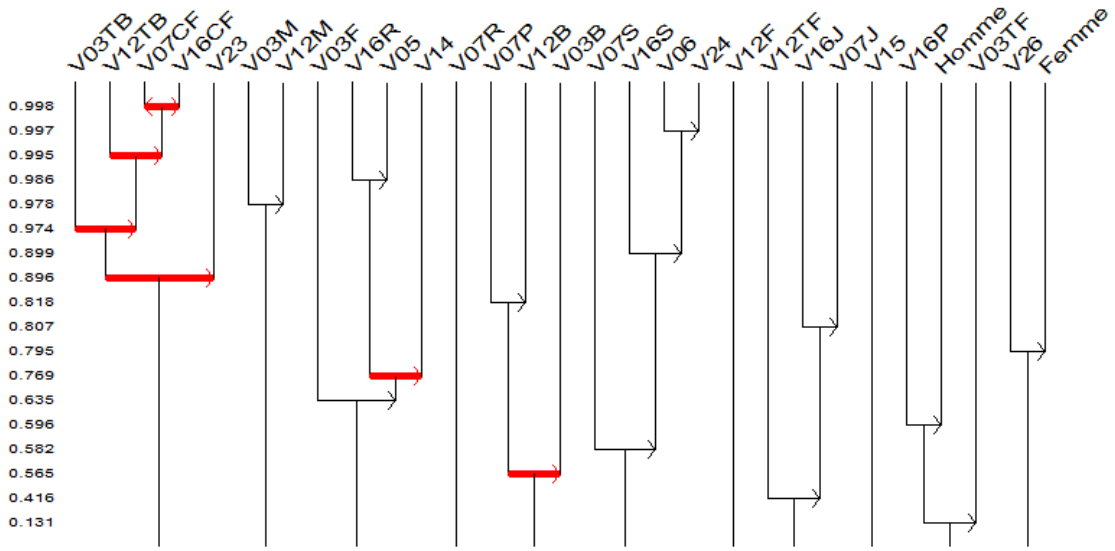


Figure 34 - Arbre cohésitif

Nous voyons clairement la forte cohésion (0.998) entre la variable V07CF (Quand vous résolvez un problème mathématique, vous relisez «à chaque fois » votre réponse) et la variable V16CF (Quand vous répondez à un exercice de production écrite en arabe, vous ne relisez « jamais » votre réponse). Aussi, un degré de cohésion de 0.818 est décelable entre V07J (Quand vous résolvez un problème mathématique, vous ne relisez « jamais » votre réponse).

Cela dit, on ose dire que l'amélioration des attitudes scripturales des élèves (la clarté des idées, la relecture des écrits, la correction des erreurs…) ne puisse s'effectuer dans une seule discipline scolaire mais exige une approche interdisciplinaire.

Cet arbre cohésitif nous apporte un renseignement aussi important sur le sentiment d'efficacité chez les élèves. En fait, un degré de cohésion de 0.978 est repérable entre V03M (Vous avez un niveau « moyen » en mathématiques) et V12M (Vous avez un niveau « moyen » en arabe). D'autres cohésions de degré différentes sont entre V03TB et V12TB) et V07P et V12B. Cela veut dire que si l'élève se sent avoir un bon niveau en mathématiques il se sent aussi fort dans la langue d'enseignement de cette discipline.

5 Conclusion

Les élèves qui ont des attitudes scripturales correctes (relecture de la réponse, production de textes cohérents, recherche des idées claires …) dans les activités de la production écrite en français adoptent les mêmes attitudes lors de la résolution de problème mathématiques. Ainsi, les savoirs et savoir-faire acquis et développés lors de l'écriture dans les activités langagières influencent la manière dont l'élève expose sa réponse à un problème mathématique. Aussi, l'analyse des données obtenues montre que

celles-ci tendent à satisfaire aux attentes des enseignants. D'où l'importance des pratiques enseignantes qui donnent de l'importance à la qualité rédactionnelle des écrits des élèves dans toutes les disciplinaires scolaires y compris dans les mathématiques. Des pratiques qui ne limitent pas l'évaluation des productions écrites, dans les matières non langagières, aux simples fautes de l'orthographe, mais qui encouragent et favorisent la production de textes cohérents et compréhensibles pour communiquer avec les autres.

Références

[1] Astolfi, J.-P., (1993). Styles d'apprentissage et mode de pensée. Dans J. Houssaye (dir.), *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui* (p. 301-2014). Paris : ESF.

[2] Bonafé, F. et al. (2002*). Les narrations de recherche de l'école primaire au lycée*. IREM de Montpellier, Brochure APMEP, n° 151.

[3] Duperret, J.-C. (2002). Préface dans F. Bonafé, et al. *Les narrations de recherche de l'école primaire au lycée* (p. 5-7). IREM de Montpellier, Brochure APMEP, n° 151.

[4] El-Mekaoui, B. (2017). Etude des attitudes scripturales des élèves lors de la résolution de problèmes mathématiques. Dans *Analyse Statistique Implicative Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques* (p.245-262). Université Bourgogne Franche-Comté – Besançon. Version numérique ISBN : 978-2-9562045-1-0.

[5] Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : Presses Universitaires de France.

[6] Gras, R. (2015). Un survol paradigmatique de l'analyse statistique implicative. *Quaderni Di Ricerca in Didattica – G.R.I.M Palermo*. 25 (1), 11-23. Récupéré du site de la revue http://math.unipa.it/~grim/QRDM_25_suppl_1_ActesASI8_2015

[7] Hachelouf, A., Dourojeanni, D. et Serret, C. (2006). Expliquer et faire la preuve en mathématiques. Effets de dispositifs didactiques. Dans *Apprendre à écrire au collège dans les différentes disciplines* (p. 239‑262). Lyon : Institut National de Recherche Pédagogique.

[8] Lenoir, Y. (2015). Quelle interdisciplinarité à l'école ? *Les Cahiers pédagogiques*, juillet 2015.

[9] Lévy-Leblond, J.-M. (1996). *La pierre de touche, La science à l'épreuve*. Paris : Gallimard.

[10] Régnier, JC. (2016). Didactiques des disciplines et apprentissage. Polycopié donnée aux étudiants du Master 2 Recherche en sciences et pratiques d'éducation et de formation à ISPEF Lyon2, année universitaire 2015-2016.

O SIGNIFICADO DO PIBID NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA. ESTUDO A TRAVES DA ANÁLISE ESTATÍSTICA IMPLICATIVA

Maria Aparecida S. De SOUZA[1] Saddo Ag ALMOULOUD[2]

LE SENS DE PIBID DANS LA FORMATION INITIALE DES ENSEIGNANTS MATHÉMATIQUES. ÉTUDE PAR L'ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE

THE MEANING OF PIBID IN THE INITIAL TRAINING OF MATHEMATIC TEACHERS. STUDY THROUGH IMPLICATIVE STATISTICAL ANALYSIS

RESUMO

A pesquisa apresentada se inseriu no campo da formação inicial de professores. Nasceu das reflexões acerca do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid) no curso de Licenciatura em Matemática do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim. O Pibid, programa proposto pelo MEC/CAPES para o aperfeiçoamento e a valorização da formação de professores para a educação básica, tem por finalidade apoiar a iniciação à docência de estudantes de licenciatura, visando a valorizar o magistério e contribuir para a elevação do padrão de qualidade da educação básica, pela integração entre teoria e prática e entre universidade e escola. Para examinar os discursos dos bolsistas do Pibid, utilizamos a Análise de Dados Multidimensionais, empregando o método de análise de similaridade e de análise Coesitiva mediante o uso do software CHIC (Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesitiva). Na investigação utilizamos uma abordagem qualitativa com dados coletados por meio de questionário para caracterização pessoal e profissional dos participantes; entrevistas semiestruturadas junto aos bolsistas do Pibid. Como hipótese é possível afirmar que o significado dos impactos das ações e/ou atividades realizada pelo subprojeto de matemática do Pibid no IFES Campus Cachoeiro e nas escolas parceiras são positivos, e que para a formação inicial do professor de matemática, o Pibid tem contribuído para o seu aprimoramento, oportunizando a prática, a reflexão sobre a prática e integrando-os em atividades de pesquisa e divulgação científica.

Palavras-chave: Análise de Dados Multidimensionais, Formação inicial de professores, Pibid, Matemática.

RÉSUMÉ

La recherche présentée a été réalisée dans le domaine de la formation initiale des enseignants. Elle est née des réflexions sur le programme institutionnel d'initiation à l'enseignement (Pibid) dans le cadre du cours de « Licenciatura em Matemática » du campus de l'IFES Cachoeiro de Itapemirim. Pibid, un programme proposé par MEC / CAPES pour améliorer et valoriser la formation des enseignants de l`éducation de base, a pour objectif de soutenir l´initiation des étudiants à la pratique enseignante afin de valoriser l'enseignement et de contribuer à l'amélioration de la qualité de la formation à l'éducation de base, par l´intégration entre théorie et pratique et entre université et école. Afin d'examiner les discours des boursiers Pibid, nous avons utilisé l'analyse de données multidimensionnelles, en utilisant la méthode d'analyse de similarité et l'analyse coesitive en s´appuyant sur le logiciel CHIC (Classification Hiérarchique, Implicative et Coesitive). Dans notre recherche, nous avons utilisé une approche qualitative avec des données collectées via un questionnaire pour la

1 Instituto Federal do Espírito Santo. BRASIL. hevasouzan@ifes.edu.br

2 Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) BRASIL. Saddoag@gmail.com

caractérisation personnelle et professionnelle des participants ; et des entretiens semi-structurés avec les boursiers Pibid. Nous partons de l`hippothèse que l'impact des actions et/ou de activités menées à partir du sous-projet mathématique Pibid sur le campus de l'IFES à Cachoeiro et dans les écoles partenaires est positive et que pour la formation initiale du professeur de mathématiques, Pibid a contribué à leur formation, offrant des possibilités de pratique, de réflexion sur la pratique et de les intégrer dans la recherche et les activités de diffusion scientifique.

Mots-clés: Analyse de données multidimensionnelle, Formation initiale des enseignants, Pibid, Mathématiques.

ABSTRACT

The research presented was inserted in the field of initial teacher training. It was born from the reflections about the Institutional Program of Scholarship Initiation to Teaching (Pibid) in the course of Mathematics Degree from the IFES Cachoeiro de Itapemirim campus. Pibid, a program proposed by MEC / CAPES for the improvement and enhancement of teacher education for basic education, has the purpose of supporting the teaching of undergraduate students in order to value teaching and contribute to raising the standard of education. quality of basic education, the integration between theory and practice and between university and school. In order to examine the discourses of the Pibid scholarship holders, we used Multidimensional Data Analysis, using the method of analysis of similarity and Coesitive analysis using the software CHIC (Hierarchical, Implication and Coesitive Classification). In the research we used a qualitative approach with data collected through a questionnaire for personal and professional characterization of the participants; semi-structured interviews with the Pibid fellows. As a hypothesis it is possible to affirm that the significance of the impacts of the actions and / or activities carried out by the Pibid math subproject at the IFES Campus Cachoeiro and the partner schools are positive, and that for the initial formation of the math teacher, Pibid has contributed to their improvement, giving them practice, reflection on the practice and integrating them into scientific research and dissemination activities.

Keywords: Multidimensional Data Analysis; Initial teacher training; Pibid; Mathematics.

1 Introdução

A presente pesquisa, que trata do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid), faz parte das experiências vivenciadas e construídas ao longo de um período de acompanhamento a um grupo de bolsistas licenciandos em Matemática, atuantes no subprojeto de Matemática – Ensino Fundamental e Médio do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Espirito Santo (IFES), no campus Cachoeiro de Itapemirim. O programa se destacou pelo crescimento nacional de sua importância, o que justifica e infere a realização de pesquisas em seu entorno.

O Pibid é definido como uma política de governo. Implantado desde 2009, foi criado para valorizar o magistério, elevar a qualidade das ações acadêmicas e superar os problemas identificados no processo de ensino-aprendizagem nas escolas públicas com baixo rendimento educacional. Distingue-se de outras políticas anteriormente implementadas por permitir uma maior interação entre os diversos atores sociais ligados à educação pública: alunos, professores, estudantes de licenciaturas e professores de onde a dinâmica de aproximação licenciandos e escolas públicas gera um ambiente positivo para a criação de soluções, onde todos os envolvidos são beneficiados.

As experiências vivenciadas no Pibid, e o trabalho colaborativo entre os envolvidos enriquece a experiência com os pares fortalecendo o fazer docente e colaborando com a formação do professor. Trata-se, pois, de um espaço de aprendizagem para a docência

onde o futuro professor, baseado nas experiências vivenciadas constrói de maneira pessoal o seu jeito de ser professor, com saberes construídos em sua própria prática, nos procedimentos nos discursos e nos conhecimentos adquiridos.

Este estudo objetivou mostrar o significado do Pibid na percepção dos estudantes, professores em formação no Curso de Licenciatura em Matemática no IFES campus Cachoeiro de Itapemirim. Destacamos as seguintes questões: Quais significados são atribuídos pelos estudantes da licenciatura em Matemática, referente aos conhecimentos matemáticos, do ponto de vista da docência, desenvolvidos no Pibid e Qual o significado para os bolsistas do Pibid das atividades implementadas no Pibid de Matemática do Instituto Federal do Espírito Santo campus Cachoeiro de Itapemirim na formação inicial dos alunos e na formação continuada dos professores envolvidos?

Para examinar os discursos dos pibidianos, utilizamos a Análise de Dados Multidimensionais, empregando o método de análise de similaridade e de análise Coesitiva mediante o uso do software CHIC (Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesitiva). Aqui daremos ênfase a análise de similaridade.

2 O Software CHIC

O software CHIC tem a função de extrair, de um conjunto de dados, as regras de associação com base em regularidades entre os dados (variáveis), cruzando sujeitos (ou objetos) e variáveis para fornecer um índice de qualidade de associação; e representar uma estruturação das variáveis obtidas por meio destas regras (Gras, 2015). O CHIC permite a análise pela construção dos cruzamentos das variáveis, identificando os comportamentos por elas caracterizados e formando agrupamentos de dados a serem analisados à luz do contexto em que foram coletados e dos referenciais adotados.

Para Almouloud (2005), esse tipo de análise permite visualizar, organizar, construir modelos e explicar fenômenos associados aos dados. A realização deste estudo contou com a mesma metodologia processual de Gras e Almouloud (2002, p. 76), quais sejam: “fases fundamentais de uma análise de dados multidimensionais: (i) instrumentos de coleta de dados; (ii) organização e exploração; (iii) instrumentos de tratamentos; (iv) interpretação”. Os autores sugerem que, na interpretação, leve-se em conta a questão norteadora e os objetivos da pesquisa. Nessa perspectiva, utilizamos o software CHIC na versão 7.0, um programa eficiente para o tipo de análise realizada nesta pesquisa.

Para Almouloud, as análises estatísticas de dados multidimensionais feitas por meio do software CHIC permitem:

> (i) Sintetizar e estruturar os dados multidimensionais a fim de identificar as variáveis estatísticas (e/ou didáticas), os fatores em jogo, suas relações, sua hierarquia etc.;
> (ii) Evidenciar a dinâmica dos comportamentos de alunos ou professores em situação de resolução de problemas. (Almouloud, 2005, p.43).
> (iii) Tratar diferentes tipos de variáveis (binárias, modais, frequências, intervalares);
> (iv) Quantificar a significação dos valores atribuídos à qualidade, consistência da regra associada, de classes ordenadas de regras, a tipicalidade e contribuição de sujeitos ou categorias de sujeitos à constituição destas regras;

> (v) Representar, por um gráfico, tendo fixado um intervalo de confiança, um caminho de regras ou uma hierarquia de regras sobre regras;
> (vi) Suprimir, acrescentar variáveis, conforme necessidade da pesquisa. (Almouloud, 2015, p. 44).

O software CHIC, segundo Almouloud (2015), tem por funções essenciais extrair de um conjunto de dados, cruzando sujeitos e variáveis (ou atributos), padrões de associação entre variáveis, fornecer um índice de qualidade de associação e de representar uma estruturação das variáveis obtidas por meio destas regras. Ele já se configura, por intermédio de métodos estatísticos nele implementados, como um instrumento importante para a pesquisa em diversos campos, inclusive em Educação Matemática, assim como para a formação.

Para que o software possa efetuar os cálculos necessários para a construção dos agrupamentos e da representação dos dados, é preciso elaborar uma planilha Excel® (Office para Macintosh) ou da Microsoft, cuja extensão seja em "CSV" (Comma Separated Values), com a finalidade de que os dados possam se adequar ao banco de dados para o processamento e para a análise, pois somente dessa forma o arquivo poderá ser aberto e processado pelo software CHIC.

O arquivo que contém os dados deve, obrigatoriamente, apresentar, em cada coluna, um tipo de variável e, em cada linha, um único indivíduo, sujeito ou objeto. Cada variável pode assumir "x" valores e, nesse caso cada um desses valores determinam uma coluna no banco de dados. Na planilha que contém os dados, as variáveis secundárias devem ser identificadas com um espaço e com a letra "s" minúscula. Por exemplo, se a primeira pergunta for gênero, é possível codificá-la como: Q1M s ("Q1" de questão resposta da pergunta 1, "M" de sexo masculino e "s" de variável suplementar de identificação).

A caracterização dos agentes nesta pesquisa é proveniente dos resultados das variáveis secundárias do questionário aplicado com o suporte do CHIC. No estudo, gerou-se a árvore hierárquica de similaridade, com representação das inter-relações entre os dados obtidos pelas respostas dos 36 bolsistas que participaram da pesquisa.

Assim como Souza (2016), codificamos as variáveis respostas do questionário, atribuindo-lhes um valor 0 ou 1, os quais simbolizavam ausência ou presença do atributo, respectivamente. Nesta pesquisa, para as análises, efetuamos o processo de mineração de dados, descartando as respostas que não eram discriminantes, ou seja, realizando a "limpeza dos dados" da planilha obtida. O critério adotado nessa "limpeza dos dados" foi o tratamento de variáveis, por meio do agrupamento daquelas com totais inferiores ou iguais a 1, de forma que todas as colunas representassem variáveis discriminantes. Buscamos que a frequência observada para cada valor da variável fosse maior ou igual a um.

3 Análise Hierárquica de Similaridade

Aqui apresentaremos uma discussão sobre as concepções dos bolsistas do Pibid sobre o Pibid de uma maneira geral e sobre o seu significado para sua formação. Para isto, utilizaremos um Software denominado CHIC (Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesitiva) aqui, particularmente para a análise de similaridade e análise coesitiva.

Desenvolvida inicialmente por Régis Gras, em 1985, a primeira versão dessa ferramenta foi aperfeiçoada na pesquisa de doutorado de Saddo Ag. Almouloud (1992). De acordo com Gras (2015), o CHIC se alinha com os fundamentos teóricos da Análise

Estatística Implicativa (A.S.I.), tendo como base o conceito de implicação estatística ou quase implicação, com o objetivo de extrair conhecimentos a partir de regras indutivas não simétricas consistentes e atribuir uma medida probabilística em proposições que são enunciadas, por exemplo, da seguinte maneira: quando a ocorrer tem-se a tendência de ocorrer, também, b.

Para Almouloud (2005), este Software tem como função extrair um conjunto de dados, cruzando sujeitos com variáveis (ou atributos), ou regras de associação entre variáveis, para fornecer um índice de qualidade de associação. Visa também representar uma estruturação de variáveis obtidas por meio de regras (metarregras).

De acordo com este autor, os pesquisadores utilizam o CHIC em educação na análise qualitativa das informações, no intuito de tomar decisões que se apoiam em uma certa estabilidade e pertinência de respostas. Nós utilizaremos o CHIC como parte dos procedimentos de análise da concepção dos bolsistas do Pibid sobre o significado do Programa na sua formação inicial.

Para utilizarmos este tipo de análise, aplicamos um questionário direcionado aos bolsistas do Pibid do IFES Campus Cachoeiro de Itapemirim dividido em duas partes. A primeira parte objetivou construir o perfil do bolsista do Pibid bem como conhecer sua história no curso de Licenciatura em Matemática. A segunda parte objetivou identificar o grau de significância que esses bolsistas do Pibid atribuem ao Pibid no IFES Campus Cachoeiro e nas Escolas de Educação Básica na rede Estadual do Município, parceiras no Pibid. Este questionário continha 40 questões, das quais quatro questões abertas, onde os bolsistas do Pibid tinham a oportunidade de relatar sobre os pontos positivos e os pontos negativos do programa, assim como, indicar os significados das ações e/ou atividades do Pibid, segundo a percepção de cada bolsista. O questionário foi entregue em mãos em momento de encontro do Pibid no IFES Campus Cachoeiro de Itapemirim no dia 27/02/2017 e foi devolvido pelos bolsistas duas semanas depois.

No questionário apresentado, os bolsistas do Pibid podiam se identificar havia a opção de assinalar nas questões as seguintes respostas: Discordo Totalmente, Discordo, Concordo e Concordo (escala de concordância). As questões versaram sobre o significado do Pibid na formação docente, sobre o incentivo que o Pibid trouxe à formação e à contribuição para a valorização do Magistério. Os bolsistas do Pibid assinalaram também sobre sua concordância de que o Programa eleva a qualidade da formação inicial no curso de licenciatura promovendo a integração entre a educação superior e a educação básica inserindo os licenciandos no cotidiano das escolas da rede pública de educação, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docente de caráter inovador e interdisciplinar que buscam a superação de desafios.

Este questionário foi construído a partir dos objetivos da pesquisa na intenção de auferir informações adicionais sobre a nossa proposta de trabalho. As questões foram relacionadas ao significado do Pibid na formação inicial do professor de matemática. Para avaliar a facilidade de compreensão das questões, inicialmente, foi aplicado um pré-teste com cinco alunos, bolsistas do Pibid e partir daí o questionário foi apresentado em novo formato, em virtude das dificuldades encontradas e para o entendimento de algumas questões. No novo formato, as questões foram divididas em duas partes, como maneira de facilitar a compreensão dos bolsistas do Pibid e as respostas a serem assinaladas seguiram uma sequência para facilitar a leitura do instrumento.

Uma das propostas desta análise foi atender aos objetivos propostos que trata de mapear significados dos conteúdos matemáticos nas relações ensino aprendizagem dentro

das propostas do Pibid e apresentar as características do Pibid no IFES Campus Cachoeiro de Itapemirim.

De acordo com Almouloud (2015), a Análise Hierárquica de Similaridade permite estudar e depois interpretar, em termos de tipologia e de semelhança (dessemelhança) decrescente, classes de variáveis, constituídas significativamente a certos níveis de uma árvore de similaridade e se opondo a outros, nestes mesmos níveis.

Esse critério foi de escolha nossa como pesquisadores, para identificar variáveis discriminantes. Cada pesquisador pode construir seus próprios critérios de acordo com os objetivos propostos.

Na Tabela a seguir, apresentamos um exemplo de tratamento feito a partir deste critério:

A	B	C	D	E	F
	V1a	V1b	V1c	V2a	V2b
1	1	0	0	1	0
2	1	0	0	1	0
3	0	1	0	1	0
4	0	0	1	1	0
5	0	0	1	1	0
20	1	0	0	0	1
Total	10	1	9	19	1

Tabela 1 - Exemplo de tratamento (Souza, 2018)

No primeiro caso, buscar qual variável tem maior “articulação” com a V1b. Supor que é V1a. Transferimos o “1” da coluna V1b para a coluna V1a e deletamos a coluna V1b. No caso de V2, vemos que a 9nformação não é discriminada pois, apenas um sujeito respondeu de forma diferente dos demais. Nesse caso, toda a questão V2 é deletada.

Souza (2016) aponta que as análises de similaridade utilizam as distâncias entre as respostas das variáveis por meio de medidas de probabilidade. Essa análise permite ao pesquisador estudar e interpretar, em termos de tipologia e semelhança decrescente, das classes de variáveis, constituídas significativamente a certos níveis da árvore e se opondo a outros nestes mesmos níveis. Utilizam-se nessa análise duas informações que podem ajudar na interpretação das árvores de similaridade e da hierarquia implicativa: (i) os níveis significativos; (ii) a tipicalidade.

Valente (2015) apresenta dois critérios para análise de similaridade. O primeiro critério “inicia-se a análise da similaridade pela identificação da classe ou do nó com maior grau de similaridade, ou seja, é quando existe entre as variáveis (as categorias) um nível forte de convergência ou de similaridade” O segundo critério inicia-se na análise de similaridade pelos níveis significativos que, para Almouloud (2015), auxiliam na interpretação das árvores de similaridade e da hierarquia implicativa, pois se trata de um critério estatístico o qual permite conhecer os níveis significativos das árvores de similaridade e da hierarquia implicativa entre todos os níveis constituídos, marcados pelo Software em vermelho.

Esta análise foi realizada com os dados de 36 bolsistas do Pibid sobre o questionário (Apêndice B), a partir do critério de similaridade conforme é apresentado na Figura 5, que é a árvore de classificação hierárquica, utilizando critérios de similaridade entre as variáveis em estudo. Souza (2016) esclarece que as análises de similaridade utilizam um índice de similaridade entre as respostas das variáveis por meio de medidas de probabilidade. Para fins desta pesquisa, assim como Souza (2016), utilizamos na análise o critério de sequência dos nós significativos fornecidos pela análise do CHIC. Entende-

se por índice de similaridade como sendo a probabilidade de ocorrência da associação entre as variáveis segundo os critérios de similaridade definido por Gras (2002).

Na árvore de similaridade da Figura 1, os nós significativos são aqueles destacados pelos segmentos em vermelho. São nestes nesses nós significativos que focaremos a nossa análise. A análise será realizada também com base em Souza (2016) para quem as contribuições dos aspectos metodológicos possibilitadas pelo uso do CHIC permitiram visualizar, organizar e explicar os fenômenos associados identificados nas respostas dos agentes em sua pesquisa.

O emprego do CHIC gerou uma árvore de similaridade organizada em dois grupos. O primeiro grupo envolvendo 24 classes de variáveis e o segundo grupo envolvendo 21 classes de variáveis, indicados pelas chaves na Figura 1.

De acordo com Souza (2016), o CHIC avalia e calcula, em relação a todas as variáveis suplementares existentes, todos os riscos de efetuar uma afirmação falsa de que determinada variável suplementar é típica daquele conjunto de sujeitos e a variável suplementar que apresentar o menor risco de se efetuar essa afirmação falsa é denominada de variável típica.

Utilizamos nessa pesquisa o método estatístico de dados de similaridade com uma Análise Hierárquica de Similaridade, e na segunda parte da análise realizaremos a Análise Coesitiva.

Coutinho e Miguel (2007) resumem que este tipo de análise permite ao usuário estudar e depois interpretar, em termos de tipologia e de semelhança (ou não semelhança) decrescente, classes de variáveis, constituídas significativamente a certos níveis (da árvore) e se opondo a outros nestes mesmos níveis. Assim, ao dizermos que as questões Q1 e Q2, por exemplo, são agrupadas pelo critério de similaridade, estamos afirmando que os sujeitos que respondem Q1 têm comportamento similar em relação à questão Q2. Pode-se calcular o índice de similaridade entre as variáveis, que é a probabilidade de que efetivamente os dois grupos tenham comportamento similar, ou identificar quais as características típicas do grupo no qual essa similaridade foi identificada.

A Figura 1, apresentada anteriormente ilustra a árvore de similaridade revelando todas as possíveis relações entre as questões principais em estudo. Nela é possível observar a formação de duas grandes classes que denominamos de A e B. Ressaltamos que de todos os nós significativos existentes na figura, o CHIC identificou o nível mais significativo sendo o nível 13 com índice de similaridade igual a 0.982008.

As noções de nível e de nós significativos, como precedentemente, sublinhados por uma flecha vermelha assinala ao usuário as classes sobre os quais ele deve ter mais atenção no fato de sua melhor conformidade com os indícios de implicação iniciais. Na representação abaixo, observamos que no primeiro nível, se forma uma classe ordenada (b,c) do fato que a implicação de b sobre c é a mais forte entre todas as implicações possíveis entre variáveis. A ele, corresponde necessariamente um nó significativo.

Na análise de similaridade e na análise Coesitiva realizadas, apresentaremos os cinco primeiros nós significativos.

O primeiro nó significativo é apresentado pelas respostas às questões (Q18C Q19C) com índice de similaridade igual a 0.999998. Esta classe de variáveis revela que os sujeitos que têm esses atributos tiveram uma visão similar com relação à contribuição do Pibid para a articulação entre teoria e prática (Q18C) e para formação de professores (Q19C).

As questões que representam essas respostas revelam que o número de ocorrência das questões (Q18C e Q19C) foi de oito bolsistas do Pibid em cada caso, sendo que os

mesmos bolsistas que concordam com a Q18C também concordam com a questão Q19C. Dos 36 bolsistas do Pibid participantes da pesquisa oito deles concordam que o Pibid contribuiu para a articulação entre teoria e prática necessárias à formação docente, elevando a qualidade das ações acadêmicas nos cursos de licenciatura, e provavelmente também concordam que o Pibid contribuiu para uma formação de professores referenciada no trabalho na escola e na vivência de casos concretos.

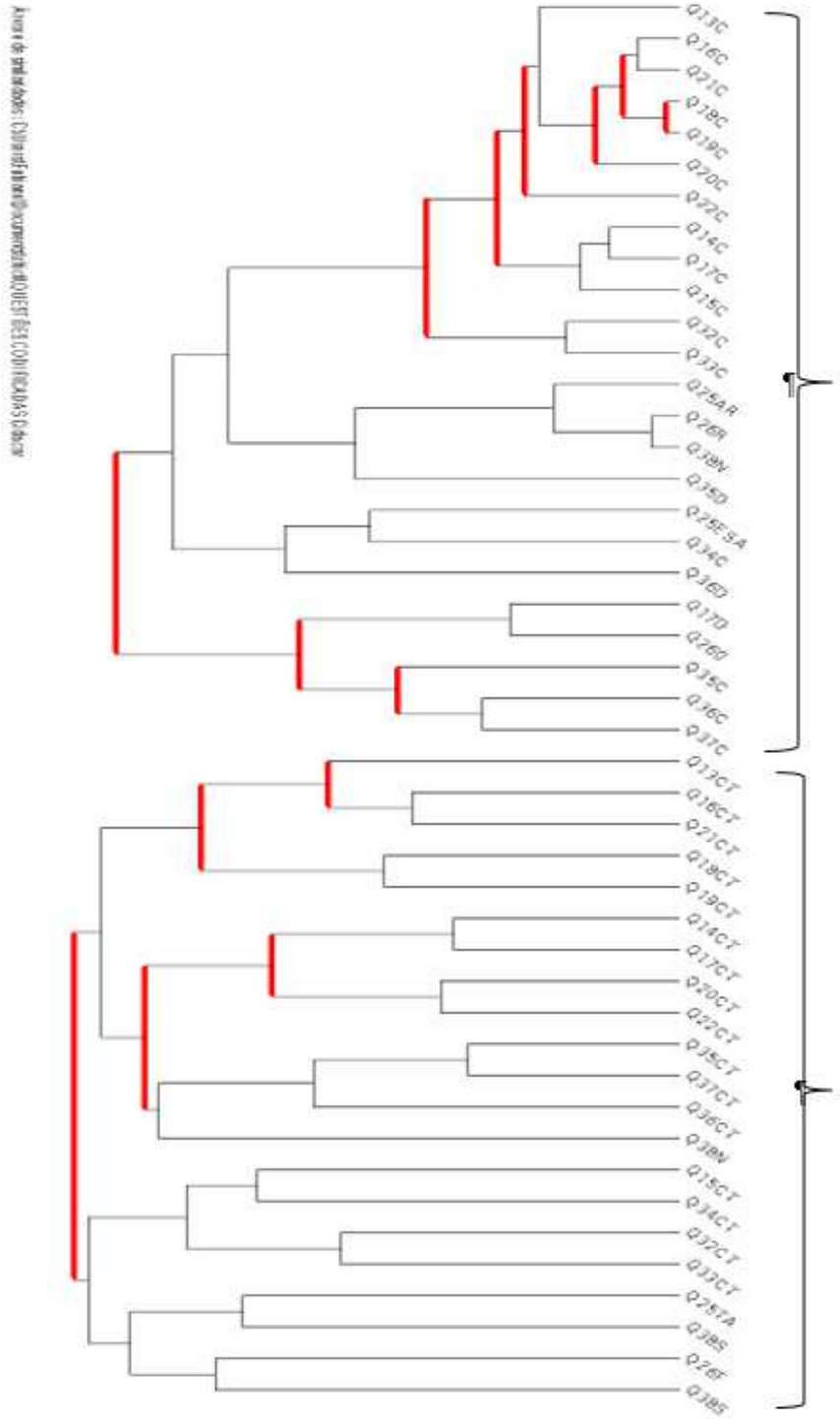


Figura **1** - Árvore de Similaridade das respostas dos bolsistas do Pibid de Matemática do IFES..

Esses bolsistas do Pibid, quando solicitados a citar pontos positivos que marcaram sua participação no Pibid relatam:

> Conhecimento do trabalho docente e oportunidade (bolsista do Pibid Nº2).
>
> Possibilidade de conhecer o meio escolar, possibilidade de ações inovadoras (bolsista do Pibid Nº 4).
>
> A participação dos alunos nas atividades diferenciadas, a boa recepção por parte da equipe da escola (bolsista do Pibid Nº 6).
>
> Responsabilidade e seriedade do professor supervisor e a vivência no meio proporcionando respostas em dúvidas pontuais (Registro Textual do bolsista do Pibid Nº 9).
>
> Aplicação de conhecimentos e participação prática de conteúdos estudados (bolsista do Pibid Nº 17).
>
> Aprender ensinando e o reforço dos conhecimentos (bolsista do Pibid Nº 21).
>
> O conhecimento do espaço escolar, as metodologias usadas no desenvolvimento das oficinas (bolsista do Pibid Nº 26).
>
> Aprendizado e experiência (bolsista do Pibid Nº 36).

O Pibid contribui para a articulação do trabalho docente favorecendo ao bolsista a experiência da sala de aula e a iniciação à docência. Felício (2014) entende que iniciar os licenciandos na docência não significa oferecer oportunidades para que eles assumam o "lugar" dos professores nas escolas públicas. Ao contrário, os licenciandos devem compartilhar da experiência que os professores já construíram em sua trajetória profissional e, ao mesmo tempo, colaborar para o processo de ensino e de aprendizagem desenvolvidos na escola pública, a partir dos conhecimentos trabalhados nos cursos de licenciatura.

Observando o relato do bolsista Nº 4, que traz como ponto positivo do Pibid a possibilidade de conhecer o meio escolar e a possibilidade de ações inovadoras, entendemos que as ações desenvolvidas pelos bolsistas nas escolas parceiras, conforme mostramos nos Capítulo 4 e 6, trazem colaborações ao processo de ensino aprendizagem, possibilitando o trabalho na escola a vivência em práticas pedagógicas reais.

Questionados sobre a importância do bolsista do Pibid na escola, os professores supervisores, responderam que:

As aulas com as atividades desenvolvidas pelos bolsistas do Pibid proporcionaram aos alunos um momento de suprir as dificuldades encontradas em sala de aula. Os bolsistas do Pibid com essas atividades observaram como é na realidade uma sala de aula, o planejamento de uma turma, o atendimento ao aluno, isso tudo colaborou para o crescimento deles (Registro Textual da Supervisora da Escola A).

As atividades que os bolsistas do Pibid elaboram são importantes tanto para os alunos como para nós professores, elas reforçam a nossa prática (Registro Textual da Supervisora da Escola B).

O Sudoku e as oficinas de xadrez ajudaram os alunos a manter a concentração e o raciocínio lógico. O jogo: Matemática o "X" da questão, trouxe um novo método de ensino, pois com ele, os alunos precisavam conhecer os conceitos matemáticos e a história da matemática (Registro Textual da Supervisora da Escola C).

Os alunos têm melhorado seu rendimento escolar e sua participação durante as aulas. As turmas aonde o projeto vem sendo desenvolvido estão se destacando em relação às outras turmas. Com as aulas de reforço, os alunos com dificuldades têm melhorado o rendimento em sala e suas notas em avaliações (Registro Textual da Supervisora da Escola D).

Para o próximo semestre, estamos elaborando, junto com os bolsistas do Pibid, novas atividades para serem trabalhados através do Pibid, e com isso pretendemos melhorar a qualidade do ensino oferecido (Registro Textual da Supervisora da Escola E).

Com a confecção de sólidos geométricos conseguimos trabalhar o conceito de volume, área e razão de um tetraedro de uma forma dinâmica, onde os alunos puderam construir seu próprio tetraedro (Registro Textual da Supervisora da Escola F).

Em pesquisa realizada, Felício (2014) aponta que um dos sentidos atribuídos pelos licenciandos ao Pibid reconhece-o como espaço vivencial em que se consideram novas e múltiplas possibilidades de atuação com base em diversificadas estratégias pedagógicas. Acentua-se, assim, o desenvolvimento da compreensão crítica que aponta para a valorização e o resgate do professor como agente de transformação e construção das alternativas pedagógicas para o sucesso escolar dos educandos.

Sobre os reflexos do Pibid na definição profissional, Felicio (2014) destaca que um reflexo identificado diz respeito à mudança de concepção sobre a profissão docente. Ou seja, percebemos que os licenciandos vão se afastando de um senso comum que reduz à docência à transmissão de conteúdo, ao mesmo tempo em que se aproximam de uma compreensão mais epistemológica da docência e de seu papel como ator social.

Debates assim, nos levam a retomar Tardif (2012) que apresenta a noção de saber, em sentido amplo, o de saber fazer e saber ser.

Atualmente, vários problemas são enfrentados na formação inicial dos professores, entre os quais, o pouco conhecimento dos contextos escolares e a pouca formação pedagógica dos professores formadores apontada por Gatti (2014) resultam na dificuldade que sentem os licenciandos em relacionar teoria e prática no cotidiano escolar. É nesse ponto que busca atuar o Pibid cujo objetivo contribuir para a articulação entre teoria e prática necessárias à formação docente, elevando a qualidade das ações acadêmicas nos cursos de licenciatura.

O segundo nó significativo é representando pelas questões ((Q16C Q21C) (Q18C Q19C)) e índice de similaridade 0.999239. No quarto nível da árvore de similaridade, aparece o segundo nó significativo composto pelas questões (Q16C, Q21C, Q18C, Q19C). Esta classe de atributos revela a importância do Pibid na inserção, formação e habilidade de articular teoria e prática dos Bolsistas do Pibid em que aparecem esses quatros atributos.

A planilha das ocorrências gerada pelo software CHIC, apresentou os seguintes resultados: dos 36 (trinta e seis) bolsistas do Pibid participantes da pesquisa, 10 (dez) deles concordam que o Pibid insere os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública de educação, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes com vistas a aprender a superar os problemas identificados no processo de ensino aprendizagem. E dos 36 bolsistas do Pibid, 11 (onze) concordam que o Pibid contribuiu para uma formação inicial atenta às múltiplas facetas do cotidiano da escola e à investigação e à pesquisa que levam à resolução de situações e à inovação na educação. Este grupo de bolsistas é composto por estudantes na maior parte do sexo feminino, que cursaram o Ensino Médio integralmente em escolas da rede pública e a expectativa deste grupo em relação ao curso de Licenciatura em Matemática é de construir um conjunto de conhecimentos sobre Matemática e a sua didática para ser um bom professor.

Para esses bolsistas, a experiência no Pibid contribuiu para a sua formação inicial uma vez que ao serem questionados sobre a relevância do programa, eles relatam que ele significa:

> Oportunidade e crescimento (bolsista do Pibid nº 2)
> Uma excelente oportunidade de me inserir no meio que me aguarda (bolsista do Pibid nº 4).
> O Pibid é uma oportunidade de experiência e desenvolvimento no qual todos poderiam ter a oportunidade de participar, pois é de grande ajuda e qualificação para o futuro docente (bolsista do Pibid nº 7).
> Um programa que insere o aluno de licenciatura na escola e o prepara por meio de diversas experiências (bolsista do Pibid nº 9).
> Tudo. O programa é muito bom, mudou minha expectativa em relação ao ensino público. Antes eu achava que não tinha jeito para ele, porém um programa desse veio dar novos ares de inovação e respeito e responsabilidade com o ensino público (bolsista do Pibid nº 11)

A alavanca que eu necessitava para continuar no curso de licenciatura. O programa tem mediado para mim a oportunidade de aprender e ensinar ao mesmo tempo. O Pibid significa para mim parte da minha graduação, pois, a partir dele tive suporte para continuar estudando (bolsista do Pibid nº 13).
Uma oportunidade de aprender mais sobre a docência e de exercer práticas novas e novas metodologias (bolsista do Pibid nº 16).
Uma oportunidade de experienciar a prática na sala de aula (bolsista do Pibid n° 17).
Uma prévia do que enfrentaremos na sala de aula (bolsista do Pibid nº 20)
Oportunidade de aprender a ensinar e uma ótima oportunidade de aprendizagem que serve como referência para a escolha da profissão (bolsistas do Pibid nº21, 26 e 36).

Os relatos ilustram os resultados revelando características da relação estabelecida pela universidade com a escola. (i) a inserção dos bolsistas do Pibid no contexto das escolas públicas; (ii) a contribuição para a formação de professores; (iii) a articulação entre a teoria e a prática; (iv)a vivência em casos concretos, atendendo aos objetivos do Programa.

Sobre este papel do Pibid, Gatti (2014) aponta que:

O Pibid é uma proposta de incentivo e valorização do magistério e de aprimoramento do processo de formação de docentes para a educação básica. Os alunos de licenciatura exercem atividades pedagógicas em escolas públicas de educação básica, contribuindo para a integração entre teoria e prática, para a aproximação entre universidades e escolas e para a melhoria de qualidade da educação brasileira (Gatti, 2014, p. 5).

Partindo do pressuposto que o Pibid é uma iniciativa que visa a melhorar e a valorizar a formação de professores para a educação básica, ele proporciona aos alunos oportunidades de criação, experiências e práticas de caráter inovador permitindo aos participantes superarem os problemas identificados nas salas de aula das escolas parceiras.

Nóvoa (2013) defende que "[...] ser professor obriga a opções constantes, que cruzam nossa maneira de ser com a nossa maneira de ensinar, e que desvendam na nossa maneira de ensinar à nossa maneira de ser". Os bolsistas do Pibid, em decorrência das experiências vividas no contexto das salas de aulas, têm a oportunidade de experienciarem o lugar de professor, tomando-o como espaço de compreensão do fazer docente.

O terceiro nó significativo é representado pelas questões (((Q16C Q21C) (Q18C Q19C)) Q20C) com índice de similaridade 0.99782. No sexto nível da árvore de similaridade, aparece o terceiro nó significativo composto pelas questões (Q16C, Q21C, Q18C, Q19C, Q20C). À planilha das ocorrências gerada pelo software CHIC, acrescentamos o resultado para o número de ocorrências da questão (Q20C). Dos 36

bolsistas do Pibid participantes da pesquisa, 12 (doze) concordam que o Pibid contribuiu para uma formação inicial realizada com a combinação do conhecimento teórico e metodológico, dos professores das instituições de ensino superior, e o conhecimento prático e vivencial dos professores das escolas públicas. E é esta interação entre as partes que geram um movimento dinâmico, um devir contínuo de formação recíproca e crescimento. Esta classe de atributos, revela a contribuição do Pibid para uma formação de professores realizada com a combinação do conhecimento teórico e metodológico dos professores das instituições de ensino superior e o conhecimento prático e vivencial dos professores das escolas públicas.

O conhecimento prático e vivencial dos professores das escolas parceiras e do Ifes contribuem de forma positiva para a formação dos licenciandos. Este diálogo caracterizado pela inter-relação entre a universidade e escola de Educação Básica situa o fazer docente em uma vivência baseada em práticas sobre aspectos conceituais e metodológicos fundamentais para o exercício da prática docente.

O agrupamento de similaridade da Figura 1com as questões (Q16C e Q21C) têm como grupo típico os bolsistas do Pibid que cursaram o Ensino Fundamental em Escolas da Rede Pública de Ensino (Q3PU s) com risco de que essa informação seja falsa tendendo a 0 (zero). O agrupamento das questões (Q18C e Q19C) também têm como grupo típico os bolsistas do Pibid que estudaram o Ensino Fundamental e o Ensino Médio Integralmente em escolas da Rede Pública de Ensino. Dos 36 (trinta e seis) bolsistas participantes da pesquisa, 33 (trinta e três) cursaram integralmente o Ensino Fundamental em escolas da Rede Pública de Ensino e 3 (três) estudantes cursaram a maior parte do Ensino Fundamental em Escolas da Rede Pública de Ensino. Sobre o Ensino Médio, destes 35 (trinta e cinco) bolsistas do Pibid assinalaram que cursaram o Ensino Médio integralmente em Escolas da Rede Pública e 1 (um) bolsista assinalou que cursou maior parte do Ensino Médio em Escolas da Rede Pública de Ensino.

No nível 11 tem-se o quarto nó significativo, é representando pelas questões: ((Q13C (((Q16C Q21C) (Q18C Q19C)) Q20C)) Q22C) com índice de similaridade: 0.986365. No cálculo efetuado pelo CHIC, no nível 11 (onze) surge o quarto nó significativo, no qual o primeiro conjunto é formado pelas questões Q18C e Q19C do primeiro nó significativo com índice de similaridade de 0.999998. Estas questões do primeiro nó por sua vez formam o segundo nó significativo com as relações obtidas das questões Q16C, Q21C, Q18C e Q19C, com índice de similaridade de 0.999239. Associado a este conjunto, temos o terceiro nó significativo, formado pelas questões Q13C, Q16C, Q21C, Q18C, Q19C e Q20C com índice de similaridade 0.99782. Na relação destes conjuntos, surge o quarto nó significativo por meio das questões Q13C, Q16C, Q21C, Q18C, Q19C e Q20C e Q22C classificado ao nível 11 com índice de similaridade 0.986365.

No quarto nó significativo destacamos as questões Q13C e Q22C. Esta classe de atributos representa a concordância de 13 (treze) bolsistas do Pibid de que o programa incentivou a formação de docentes em nível superior para educação básica e contribui para uma formação de professores realizada a partir do diálogo e do trabalho coletivo, realçando a responsabilidade social da profissão.

Entendemos que no Pibid o diálogo é fundamental, considerando os inúmeros trabalhos de grupos realizados. Na proposta do Pibid, já consta que o diálogo e a interação entre os bolsistas do Pibid, coordenadores e supervisores devem gerar um movimento dinâmico para o crescimento contínuo.

O Pibid proporciona esse crescimento quando possibilita ao estudante o trabalho coletivo, o diálogo, o contato com a escola parceira, espaço onde o estudante vivencia a

sua prática docente e vive as divergências comuns à realização dos trabalhos em grupo, para juntos buscarem soluções comuns. Retomando Freire (2014), para quem ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção, compreendemos que o Pibid contribui para uma formação de professores realizada a partir de diálogo e do trabalho colaborativo, realçando a responsabilidade social da profissão. Para isto Nóvoa (2013) já orienta que se deve pensar no trabalho coletivo com o diálogo, já que a competência coletiva é mais que o somatório das competências individuais.

Este grupo é formado por bolsistas que estudaram o Ensino Fundamental em Escolas da Rede Pública. A Variável típica a esta classe é Q3PU com risco de que esta informação seja falsa tendendo a 0,02878.

O quinto nó significativo, o qual é representando pelas questões (((Q13C (((Q16C Q21C) (Q18C Q19C)) Q20C)) Q22C) ((Q14C Q17C) Q15C)) com índice de similaridade 0,982008. Este 5º nó é o mais significativo de todo o conjunto de nós existentes na árvore de similaridade da Figura 6. Ressaltamos que as questões analisadas no 1º, 2°, 3°, 4º e 5º nó significativo possuem como característica básica a concordância com as afirmações apresentadas. Acrescentamos aqui, as questões Q14C, Q17C e Q15C. Nestas classes de atributos, identificamos que dos 36 (trinta e seis) bolsistas do Pibid participantes da pesquisa, há a concordância de 12 (doze) bolsistas de que o Pibid incentiva as escolas públicas de educação básica, mobilizando seus professores a atuarem como coformadores dos futuros docentes, tornando-os protagonistas nos processos de formação inicial para o magistério, de .10 (dez) bolsistas, que o Pibid mobiliza a dinâmica das escolas públicas de educação básica, mobilizando o corpo técnico e pedagógico e de sete bolsistas que o Pibid eleva a qualidade da formação inicial de professores nos cursos de licenciatura promovendo a integração entre a educação superior e a educação básica. A relação entre estas questões representa pontos positivos que marcaram a participação dos bolsistas no Pibid:

> Valorização da profissão pelos alunos nas escolas (bolsista do Pibid. nº 19)
> Formação continuada (bolsista do Pibid. nº 23)
> Conhecimentos e práticas inovadoras (bolsista do Pibid. nº27)
> Ampliação do diálogo com outras formas de conhecimento (bolsista do Pibid. nº33)
> A qualidade do ensino no curso de Licenciatura em Matemática (bolsista do Pibid. nº8).

Podemos afirmar que há evidências de que o Pibid traz significados para a formação inicial do professor, pois além de funcionar como um programa que proporciona este movimento na escola traz contribuições para a articulação entre a teoria e a prática, imprescindíveis para o desenvolvimento profissional, favorecendo criticamente o grupo de alunos envolvidos no programa. Gatti (2009) afirma que, qualquer que seja o tipo de relação estabelecida e as formas dos processos educativos, o professor é uma figura imprescindível e o Pibid, ao proporcionar a interação entre jovens licenciandos com os professores da Educação Básica, permite mudanças no espaço escolar.

Outro recurso que o CHIC permite é a construção da árvore coesitiva que apresenta uma janela com resultados numéricos contendo índices decrescente das coesões e a árvore propriamente dita, a qual indica os níveis de coesão das classes.

Utilizando a planilha de dados das respostas dos 36 (trinta e seis) bolsistas do Pibid junto ao software CHIC, obtém-se a primeira janela que o programa oferece sobre o tipo de cálculo que o usuário deseja efetuar conforme ilustrado na Figura 2.

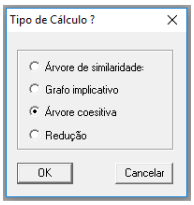


Figura 2 - Janela de pergunta sobre o tipo de cálculo a ser realizado pelo software CHIC (Souza, 2018)

No tópico que segue, analisaremos as questões dos bolsistas do Pibid participantes desta pesquisa no que se refere ao significado do Pibid para a formação inicial do professor de matemática.

De acordo com Almouloud e Coutinho (2015), a Análise Coesitiva permite fazer uma análise de relações intra e inter-classes de respostas. O índice de implicação entre duas variáveis é estendido ao cálculo da coesão da classe. Esta última dá conta da qualidade da implicação orientada dentro de uma classe de variáveis e traduz a noção de metarregras de regras sobre regras. Uma árvore coesiva traduz graficamente o encaixamento sucessivo das classes constituídas segundo o critério de coesão, que é decrescente segundo os níveis (no sentido contrário da formação das classes de variáveis) da hierarquia. Um intervalo de confiança de parada sobre a coesão permite evitar a constituição das classes que não têm sentido implicativo, o que não se produz nas hierarquias clássicas.

Para a construção da árvore para a análise coesitiva (Figura) 3, utilizamos a mesma planilha de dados com as respostas dos 36 (trinta e seis) bolsistas do Pibid ao questionário aplicado.

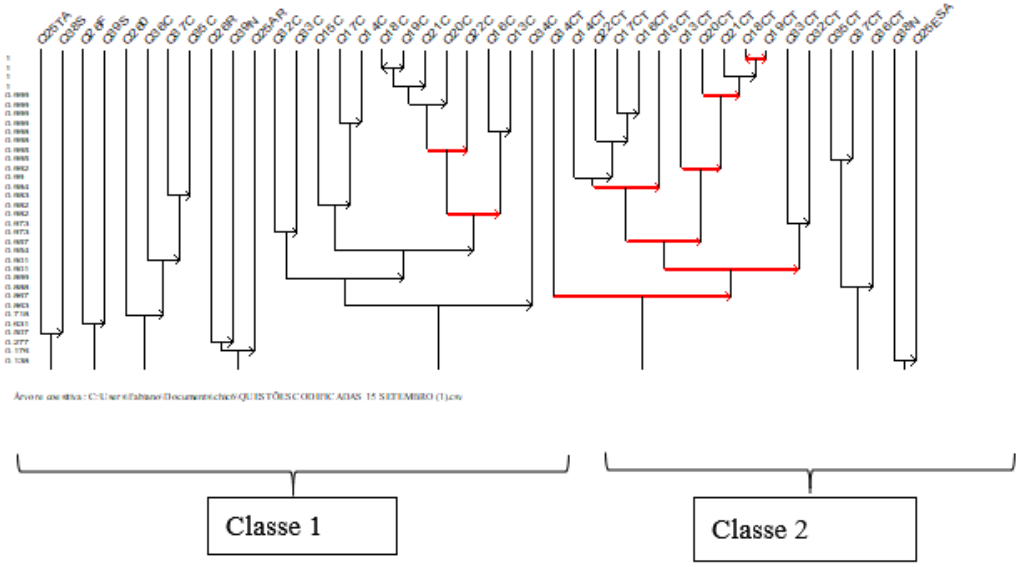


Figura 3 - Árvore Coesitiva das respostas dos 36 bolsistas do Pibid de Matemática do IFES (Souza, 2018)

A árvore coesitiva da Figura 3 é representada por meio do dendrograma. Tal como na análise de similaridade, quanto mais próximas da raiz da árvore coesitiva, maior índice de coesão entre as variáveis indicadas na metaregra. Nesta árvore coesitiva existem nove nós significativos. Adotamos aqui o critério de analisar os nós que representam o índice de coesão maior ou igual a 0,867, sendo analisado as classes identificadas por Classe 1 e Classe 2.

A primeira classe é constituída por dois nós significativos formados pelas associações hierárquicas das questões onde os bolsistas do Pibid concordam com as afirmações efetuadas nas questões do questionário aplicado aos bolsistas Q18C, Q19C, Q21C, Q20C,

Q22C, Q16C e Q13C. A segunda classe formada por sete nós significativos das respostas das questões das respostas das variáveis em que os bolsistas do Pibid concordam totalmente com as afirmações efetuadas nas questões do questionário aplicado aos bolsistas Q34CT, Q14CT, Q22CT, Q17CT, Q16CT, Q15CT, Q13CT, Q20CT, Q21CT, Q18CT, Q19CT, Q33CT e Q32CT e foram associadas hierarquicamente pelo CHIC.

A planilha das ocorrências gerada pelo software CHIC revela que estes nós significativos apresentam índice de coesão maior do que 0,867. Este valor indica que as associações das questões apresentam forte coesão dessas regras e metarregras que são fornecidas pelo CHIC, o que nos permite atribuir significados expressivos identificados na árvore coesitiva. Esta classe de atributos, revela a concordância total dos bolsistas do Pibid de que o Programa contribuiu para a formação inicial do professor de matemática e proporcionou significados para a formação inicial do professor de Matemática. Por terem participado do programa, afirmam que: (i) se sentem preparado para enfrentar as dificuldades da sala de aula; (ii) o Pibid incentivou a formação de docentes em nível superior para a educação básica (iii); o Pibid contribui para sua formação a partir de diálogo e trabalho coletivo, realçando a responsabilidade social da profissão; (iv) o Pibid insere os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública de educação, proporcionando oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar que busquem a superação de problemas identificados no processo de ensino aprendizagem; (v) o Pibid contribuiu para uma formação realizada com a combinação do conhecimento teórico e metodológico dos professores das instituições de ensino superior e o conhecimento prático e vivencial dos professores das escolas públicas, (vi) o Pibid contribuiu para uma formação de professores atenta às múltiplas facetas do cotidiano da escola e à investigação e à pesquisa que levam à resolução de situações e à inovação na educação; (vii) o Pibid contribuiu para uma formação de professores referenciada no trabalho na escola e na vivência de casos concretos; (viii) o Pibid contribuiu para a valorização do Magistério; (ix) o Pibid incentiva as escolas públicas de educação básica, mobilizando seus professores como coformadores dos futuros docentes e tornando-os protagonistas nos processos de formação inicial para o magistério; (x) o Pibid eleva a qualidade da formação inicial de professores nos cursos de licenciatura promovendo a integração entre educação superior e educação básica; (xi) o Pibid de Matemática na escola básica proporciona uma experiência positiva em relação aos demais colegas do seu curso de licenciatura; (xii) o Pibid de Matemática promoveu a valorização do Curso de Licenciatura em Matemática.

Considerando essas evidências, neste momento da abordagem já podemos inferir que o Pibid trouxe significados para a formação destes estudantes, os quais são fundamentais para a construção da identidade docente, funcionando também como proposta ou oportunidade de formação continuada dos professores das escolas parceiras que estiveram em processo de formação durante a realização do Pibid.

Analisaremos estes significados identificados na Figura 3, referentes à Classe 2, respeitando a sua ordem de qualidade de coesão decrescente obtidas pelos resultados do CHIC.

A regra estabelecida pelo CHIC indica que se os bolsistas que concordam totalmente que o Pibid contribuiu para a articulação entre teoria e prática necessárias à formação dos docentes, elevando a qualidade das ações acadêmicas nos cursos de licenciatura, provavelmente então concordaram totalmente que o Pibid contribuiu para uma formação

de professores referenciada no trabalho na escola e na vivência de casos concretos com índice de coesão tendendo a 1".

Com base no banco de dados dos registros da pesquisadora, identificamos que os mesmos 28 (vinte e oito) bolsistas responderam à questão Q18CT e a Q19CT. O grupo ótimo estabelecido aqui pelo CHIC é formado pelos bolsistas (27, 22,25, 23, 24, 32, 33, 34, 35, 28, 29, 30, 31, 8, 10, 11,6, 1, 3, 5, 12, 18, 19, 20, 16, 13, 14, 15) cuja variável típica a esta subclasse é (Q9CME), aqueles bolsistas que, em relação ao curso de Licenciatura em Matemática, nutrem a expectativa de construir um conjunto de conhecimentos sobre a Matemática e a sua didática para ser um bom professor tem índice de coesão tendendo a um de que esta informação seja falsa.

O depoimento de dois bolsistas sobre o significado do Pibid resume esta implicação e nos ajuda na produção desta análise. É possível identificar nos depoimentos aspectos relacionados ao papel do Pibid tanto na afirmação da escolha pela profissionalização docente quanto na formação integral do professor.

Para mim, o Pibid foi a alavanca que eu necessitava pra continuar no curso de licenciatura em matemática. O Pibid tem mediado oportunidade de aprender e ensinar ao mesmo tempo. Isso me ajudou a permanecer no curso. Por esse motivo posso dizer que o Pibid representa minha graduação superior, através dele que tive suporte para continuar estudando (Bolsista do Pibid nº 13).

Um Programa de extrema importância para formação de um profissional mais completo e preparado para estar assumindo sua vida profissional com maior responsabilidade e já com uma experiência prática na bagagem, além da experiencia teórica construída pelo curso. Ao mesmo tempo o Pibid beneficia muito as escolas participantes desse projeto (Bolsista do Pibid nº 20).

Classificado ao nível 5 temos o segundo nó significativo composto pela associação das questões Q18CT e Q19CT que formam o primeiro nó significativo com as questões Q20CTe Q21CT.

A planilha das ocorrências gerada pelo software CHIC revela que dos 36 (trinta e seis) bolsistas do Pibid participantes da pesquisa 24 (vinte e quatro) tem concordância total com a questão Q20CT e 25 (vinte e cinco) tem concordância total com a questão Q21CT, o que indica que reconhecem (i) o significado do Pibid para uma formação realizada com a combinação do conhecimento teórico metodológico dos professores do IFES e o conhecimento prático dos professores das escolas parceiras e (ii) o significado do Pibid para uma formação atenta as múltiplas facetas do cotidiano da escola e á investigação e à pesquisa, que levam à resolução de situações e à inovação na educação.

A variável típica a esta subclasse é (Q9CME). A mesma no nó anterior. Os bolsistas que, em relação ao curso de Licenciatura em Matemática possuem a expectativa de construir um conjunto de conhecimentos sobre a Matemática e a sua didática para ser um bom professor, com índice de coesão tendendo a zero de que esta informação seja falsa, podem ser identificados nos registros a seguir:

> O Pibid para mim é uma oportunidade de aprender mais sobre a docência e de exercer práticas novas e metodologias (Bolsista do Pibid n° 21).
>
> O Pibid para mim é uma oportunidade para quem busca a docência de estar em contato com a docência, uma forma de viver o que estuda, um laboratório da docência (Bolsista do Pibid n° 29).
>
> O Pibid para mim é uma oportunidade de conhecer a realidade dos alunos para resolver possíveis problemas me preparando para ser uma

> docente melhor. Satisfação de participar um pouco da vida escolar do aluno acompanhando seu crescimento (Bolsista do Pibid n° 30).

Assinalamos que uma das contribuições do Pibid é a cooperação que é intrínseca ao processo de ensino aprendizagem dos bolsistas do Pibid para a sua formação de modo a se comprometerem com a vida escolar dos alunos das escolas parceiras.

Classificado ao nível 13, temos o quarto nó significativo composto pela associação das questões Q18CT e Q19CT que formam o primeiro nó significativo´, acrescido das questões Q20CTe Q21CT que formam o segundo nó significativo, somando as questões Q22CT e Q16CT, com índice de coesão 0,987.

A planilha das ocorrências gerada pelo software CHIC, revela os seguintes significados do Pibid na formação inicial do professor de Matemática: (i) incentivo a formação docente (Q13CT); (ii) a combinação do conhecimento teórico metodológico dos professores do IFES com o conhecimento prático e vivencial dos professores das escolas parceiras(Q20CT); (iii) uma formação atenta às múltiplas facetas do cotidiano da escola e à investigação e à pesquisa (Q21CT);; (iv) contribuição para a articulação entre teoria e prática necessárias à formação dos docentes (Q18CT); e (v) contribuição para uma formação de professores referenciada no trabalho na escola e na vivência de casos concretos (Q19CT);. O contato com as escolas parceiras proporcionou aos bolsistas do Pibid uma formação dentro do ambiente escolar, proporcionando a concretização de práticas e relações significativas para a prática docente e para a vida.

Gatti (2014) já apontava que o trabalho dos professores demanda uma compreensão mais real sobre eles e sobre a própria instituição escola, em uma formação que lhes permitisse lidar com as condições concretas de aprendizagem nas ambiências das salas de aula. No caso do Pibid dentro da formação na escola esta formação se concretiza por intermédio das práticas desenvolvidas pelos bolsistas do Pibid.

Nos resultados obtidos, dos 36 (trinta e seis) bolsistas participantes da pesquisa, 23 (vinte e três) deles concordam totalmente que o Pibid contribuiu para uma formação realizada com a combinação do conhecimento teórico e metodológico dos professores das instituições de ensino superior e o conhecimento prático e vivencial dos professores das escolas públicas; 26 (vinte e seis) bolsistas concordam totalmente que o Pibid insere os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública de educação, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar para a superação de problemas identificados no processo de ensino aprendizagem; 24 (vinte e quatro) bolsistas concordam totalmente que o Pibid contribuiu para uma formação realizada a partir da combinação do conhecimento teórico e metodológico dos professores das instituições de ensino superior e o conhecimento prático e vivencial dos professores das escolas públicas; 25 (vinte e cinco) bolsistas concordam totalmente que Pibid contribuiu para uma formação de professores atenta às múltiplas facetas do cotidiano da escola e à investigação e à pesquisa que levam à resolução de situações e à inovação na educação e 28 (vinte e oito) bolsistas concordam totalmente que o Pibid contribuiu para a articulação entre teoria e prática necessárias à formação dos docentes, elevando a qualidade das ações acadêmicas nos cursos de licenciatura, contribuindo para uma formação inicial fundamentada no trabalho na escola e na vivência de casos concretos.

A planilha das ocorrências gerada pelo software CHIC revelou que, o grupo ótimo é formado por 25 (vinte e cinco) bolsistas (28, 16, 19, 27, 10, 14, 29, 33, 34, 35, 30, 31, 32, 25, 8 ,6, 5, 3, 1, 12, 24, 23, 22, 18, 15), cuja variável típica a esta subclasse é (Q9CME).A variável típica se mantém. Isto significa que para estes bolsistas, que sobre o curso de

Licenciatura em Matemática tinham a expectativa de construir/consolidar conhecimentos matemáticos já vistos na escola básica, existe o risco de que esta informação seja falsa tendendo a 0 (zero).

A análise acima pode ser atestada a partir dos registros a seguir:

> O Pibid me oferece segurança, uma vez que eu era muito insegura e com a experiência eu estou tendo mais segurança. E aprendizagem, o que o Pibid oferece, estou sempre aprendendo, seja conteúdo ou como me portar perante situações (Bolsista do Pibid Nº 7).
>
> Estar na realidade escolar e ter contato direto com os alunos isso nos ajuda a lidar com os jovens (Bolsista do Pibid Nº 11).
>
> O primeiro ponto positivo foi a oportunidade de assumir a sala de aula em correções de exercícios, o segundo foi criar jogos de manipulações didáticas e ter a oportunidade de ver o aprendizado de forma plena, isso é muito gratificante para um futuro professor (Bolsista do Pibid Nº 13).

Isto nos remete a Arroyo (2007), para quem educar é um ofício. Para este autor, um professor aprende que educar é revelar saberes e significados, mas antes de tudo, é revelar o docente educador como tal em sua condição humana. O Pibid enquanto um Programa de iniciação à docência tem papel importante na construção da identidade profissional destes bolsistas. As experiências proporcionadas pelas relações nas escolas parceiras moldam o novo profissional à medida em que lhes oferece oportunidades de aprendizagem nesta fase da formação inicial.

Classificado ao nível 15, temos o quinto nó significativo formado pela associação das questões Q14CT, Q22CT, Q17CT, Q16CT e Q15CT, com índice de coesão 0,984.

A associação hierárquica das cinco questões que retratam o quinto nós significativo com índice de coesão 0.984, revela alto índice de significado do Pibid na formação inicial do professor de Matemática, dada a concordância dos bolsistas com o fato de que o Pibid: (i) contribuiu para a valorização do Magistério (Q14CT); (ii) contribui para uma formação de professores realizada a partir de diálogo e trabalho coletivo, realçando a responsabilidade social da profissão (Q22CT); (iii) incentivou as escolas públicas de educação básica, mobilizando seus professores como coformadores dos futuros docentes e tornando-os protagonistas nos processos de formação inicial para o magistério (Q14CT); (iv) insere os licenciandos no cotidiano das escolas da rede pública, oportunizando-lhes a participação e experiências (Q16CT) e (iv) elevou a qualidade da formação inicial de professores nos cursos de licenciatura promovendo a integração entre educação superior e educação básica (Q15CT).

Pimenta (2012) destaca que o contato com os professores em ação e com o processo de construção e reconstrução das respostas práticas, diante da complexidade do cotidiano escolar, favorece aos licenciandos a construção das suas próprias representações a respeito do que significa assumir-se como um futuro professor, na medida em que propicia a ampliação de suas compreensões conceituais e a respeito de como ensinar e aprender.

4 Análises Conclusivas

Como resultado, identificamos que o Pibid é compreendido como um espaço que possibilita a integração e/ou cooperação entre universidade-escola, permitindo que os futuros professores tenham oportunidade de construir novos conhecimentos durante sua formação aprimorando habilidades acadêmicas tais como a pesquisa e reflexão de suas

práticas, integrando-as em atividades de divulgação cientifica para socialização dos conhecimentos. As vivências em sala de aula e as experiências proporcionadas pelo Pibid colaboraram para o crescimento dos bolsistas do Pibid, em âmbitos diversos, tanto em crescimento intelectual quanto afetivo e social. Indicamos que o Pibid teve amplo reconhecimento no IFES, Campus Cachoeiro de Itapemirim, na formação inicial de professores do curso de Licenciatura em Matemática, possibilitando a integração do IFES às escolas de Educação Básica do município de Cachoeiro de Itapemirim, proporcionando a ambos a oportunidade de amadurecimento da formação e da prática docente. O Pibid foi um motivador importante para manutenção de estudantes no curso de licenciatura. Os resultados das análises nos permitem compreender a atuação dos bolsistas do Pibid do IFES e das escolas parceiras destacando os significados do programa para a formação inicial dos alunos do curso de Licenciatura em Matemática, além dos significados na formação continuada dos demais envolvidos. O que ficou gravado foi a vivência no meio escolar que aproximou o bolsista da prática ajudando-o a articular a teoria com a prática, no dia a dia nas experiências com os alunos da Educação Básica. Pimenta (2012) revela que um dos desafios dos cursos de formação de professores é a inserção do licenciando no processo de passagem dos alunos de ver o professor como aluno a ver-se como professor. Assinalamos também as contribuições dos aspectos metodológicos utilizados no uso da Análise de Similaridade e Coesitiva, possibilitada pelo software CHIC, que nos permitiu visualizar, organizar e explicar os fenômenos associados, identificados nas respostas dos bolsistas do Pibid. Esta análise, junto com a análise das oficinas e a análise documental, nos trouxe um retrato do significado do Pibid para a formação inicial do professor de Matemática e nos possibilitou aprofundar a discussão sobre o tema central.

Os cruzamentos entre as variáveis resposta dos 36 bolsistas do Pibid e os registros textuais foram fundamentais para a identificação do significado do Pibid na formação inicial do professor de matemática o que ocorreu por meio da interpretação das respostas contidas nas árvores, à luz dos referenciais teóricos utilizados. Sublinhamos que as experiências vivenciadas pelos bolsistas do Programa (estudantes de licenciatura, supervisores e coordenadores) resultaram em uma bagagem progressiva acerca do trabalho docente em razão dos momentos vivenciados no desenvolver das tarefas. Ações assim ofereceram-lhes maior domínio do fazer pedagógico, proporcionando formação de área, transformações na prática educativa, na didática, no ensino da Matemática na pesquisa e na produção científica. Finalmente, esperamos que, entre as possíveis utilidades desta pesquisa, esteja a de descortinar perspectivas para novas abordagens sobre o Pibid, por insistirmos no fato de que o programa funciona como elemento de grande relevância para a confirmação da escolha dos licenciandos para a profissão docente e para a articulação entre teoria e prática na formação profissional do professor.

Referências

[1] Almouloud, Saddo Ag. L'ordinateur, outil d'aide à l'apprentissage de la démonstration et de traitement de données didactiques. 1992. 294f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Université de Rennes I, Rennes, 1992.

[2] Almouloud, Saddo Ag. L´analyse statistique de données multidimensionnelles : outil révélateur des conceptions d´enseignants en formation. In: ENCONTRO CHIC, 2005, São Paulo. Anais... São Paulo:[s.n.], 2005.

[3] Almouloud, Saddo Ag. O que Está pode Detrás do CHIC? In: Uso do CHIC na Formação de Educadores: à guisa de apresentação dos fundamentos e das pesquisas e foco. José Armando Valente; Maria Elizabeth Bianconcini de Almeida (organizadores). 1. Ed. – Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.

[4] Almouloud, Saddo Ag., Coutinho, Cileda de Queiroz e Silva. Áudio Gravado do Minicurso do software CHIC: o método estatístico implicativo utilizado em estudos qualitativos de regras de associação. Contribuição à pesquisa em educação. Pontifícia Universidade de São Paulo, 2017.

[5] Coutinho, Cileda de Queiroz e Silva; Miguel, Maria Inez Rodrigues. Análise Exploratória de Dados: Um Estudo Diagnóstico sobre Concepções de Professores, 2007.

[6] Felício, Helena Maria dos Santos. O Pibid como "terceiro espaço" de formação inicial de professores - Rev. Diálogo Educ., Curitiba, v. 14, n. 42, p. 415-434, 2014.

[7] Gatti. B. A. Formação de Professores: condições e problemas atuais. Revista Brasileira de Formação de Professores, v. 1, n. 1, p.90-102, 2009.

[8] Gatti, B. A. & Barreto, E.S. Professores do Brasil: impasses e desafios. Brasília: UNESCO, 2009.

[9] Gatti, B.A. Formação de Professores no Brasil: Características e problemas. Educação e Sociedade, 31(113), 1355-1379, 2010.

[10] Gatti, B. A. A formação inicial de professores para a educação básica: as licenciaturas. REVISTA USP • São Paulo • n. 100 • p. 33-46, 2013-2014.

[11] GATTI, Bernardete Angelina, André, Marli E. D. A., Gimenes, Nelson A. S., Ferragut, Laurizete. Um estudo avaliativo do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid). São Paulo: FCC/SEP, 2014.

[12] Gras, Régis, Almouloud, Saddo Ag. (2018) A implicação estatística usada como ferramenta em um exemplo de análise de dados multidimensionais. Educação Matemática Pesquisa. Revista Educação Matemática pesquisa, Vol. 4(2):75-88, 2002.

[13] Gras, Régis. O Uso do CHIC na Formação de Educadores. In: Uso do CHIC na Formação de Educadores: à guisa de apresentação dos fundamentos e das pesquisas e foco. José Armando Valente; Maria Elizabeth Bianconcini de Almeida (organizadores). 1. Ed. – Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.

[14] Minayo, Maria Cecília de S. (Org.). Pesquisa Social: teoria, método e criatividade. Petrópolis, 21ª ed - Vozes, 2002.

[15] Pimenta, Selma Garrido. Formação de professores: identidade e saberes da docência. In: Saberes pedagógicos e atividade docente. Selma Garrido Pimenta (Organizadora). 8. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

[16] Souza, Fabiano dos Santos. Política Nacional de Formação de Professores: análise da implementação do Pibid de matemática pela Universidade Federal Fluminense no Período de 2009-2013, 2016.

[17] SOUZA, Maria Aparecida Silva de. Pibid: Significados na formação inicial de professores de matemática. Tese de Doutorado em Educação Matemática da PUC-SP, 2018.

[18] Tardif, Maurice. Lessard, Claude. Lahaye, Louise. (1991) Os professores face ao saber. Esboço de uma problemática do saber docente. Teoria e Educação nº 4, Porto Alegre, 1991.

[19] Tardif, M. Saberes docentes e formação profissional. 15 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

ECONOMIC SCIENCES STUDENTS' UNDERSTANDING ON REPRESENTATION TASKS CONCERNING THE CONCEPT OF FUNCTION

Styliana NICOLAOU[1], Athanasios GAGATSIS[2], Areti PANOURA[3], Eleni DELIYIANNI[4], Iliada ELIA[5], Ioulia TELEVANTOU[6]

COMPRÉHENSION DES ÉTUDIANTS DES SCIENCES ÉCONOMIQUES DANS LES TÂCHES DE REPRÉSENTATION CONCERNANT LA NOTION DE FONCTION

ABSTRACT

The present study, conducted among a large sample of Cypriot year 1 and year 4 university students, in the field of Economics and Management aims to investigate the structure of students' responses on representation tasks concerning their understanting on exponential and logarithmic functions. Further, it seeks to assess the students'ability in using the latter fluently and flexibly. The results, derived using similarity and implicative diagrams (CHIC), show the way in which the students respond in tasks, using different types of representations related to the concept of function, allowing the creation of a coherent system of the different types of these tasks.

Keywords: *comprehension, representation, function, exponential function, logarithmic function, Economic Studies, implication graph, similarity diagram, CHIC*

RÉSUMÉ

La présente étude, menée auprès d'un grand échantillon d'étudiants universitaires chypriotes de première et quatrième années, dans le domaine de l'économie et de la gestion, vise à examiner la structure des réponses des étudiants aux tâches de représentation concernant leur compréhension des fonctions exponentielle et logarithmique. En outre, il cherche à évaluer la capacité des étudiants à utiliser ces dernières de manière fluide et flexible. Les résultats, calculés à l'aide de diagrammes de similarité et d'implication (CHIC), montrent la manière dont les étudiants répondent dans différents types de représentations des tâches, ce qui permet d'organiser les différents types de tâches en un système cohérent.

Mots-clés : *compréhension, représentation, fonction, fonction exponentielle, fonction logarithmique, études économiques, graphe d'implication, diagramme de similarité, CHIC*

1 Introduction

During their studies, individuals understand the value of their basic science and they pose it at an interdisciplinary framework with interrelations with the other sciences. Mathematics is used in various fields and disciplines and it has strong relations with the Sciences belonging to the Faculty of Economics and Managements (i.e. Economics,

[1] University of Cyprus, nicolaou.styliana@ucy.ac.cy
[2] University of Cyprus, gagatsis@ucy.ac.cy
[3] Frederick University, pre.pm@frederick.ac.cy
[4] Cyprus Pedagogical Institute, deliyianni6@hotmail.com
[5] University of Cyprus, elia iliada@ucy.ac.cy
[6] University of Cyprus, itelev01@ucy.ac.cy

Finance, Accounting, Business and Public Administration). In fact, mathematical models can be used to describe complex phenomena and systems such as stock markets, logistics as well as supply and demand. New challenges in the modern world and our society require researchers in economics and management science to turn to the use of quantitative approaches in tackling them; these are all based on mathematical and statistical theories, methods and tools (Melnik, Makarov, & Belair, 2017).

The construction of mathematical models is related with the use of different types of representations as useful tools for presenting and understanding the structure of difficult mathematical concepts. Mathematics and their representations are important for the sciences of Economics, Accounting, Finance and Business Administration, since are used as a tool for solving various economic problems, essential for forecasting main economic indicators. The financial market is all governed by mathematical models (Stuparu & Daniasa, 2009). In fact, economists are using economic and mathematical methods to analyse economic processes and predict possible outcomes of economic activity (Mardanov & Khasanova, 2014). It's for this reason that mathematics consists a major component of the curriculum for the Faculty of Economics and Management students; yet, at many times, the students' performance in this major is not as satisfying as it would have been expected.

Mathematics is a specialised language with its own contexts, metaphors, symbol systems and purposes (Pimm, 1995). Recommendations for improving mathematics education comprise emphasizing its connections among topics, multiple representations and students' involvement in constructing mathematical knowledge.

With the present study, a sample of 373 year one and year four Economic and Management students studying in a public university in Cyprus, we examine the structure underlying students' responses in a set of representation tasks concerning their understanding on exponential and logarithmic functions, as well as, their ability to use them fluently and flexibly. Our focus is on the use of representations such as diagrams, tables, words in natural languages and symbols, in the comprehension of the concept of "function". "Functions" are usually used for currencies and measurements, especially by the economists. This study correlates the understanding of the specific mathematical concept, the use of different representations as aspects of different dimensions of understanding it and using those representations in a different discipline.

The originality of this study lies in the fact that it uses data from university students - previous similar studies on the use of representations at the concept of function concentrated on students' performance in Mathematics at secondary education (Panaoura, Michael & Philippou, 2016; Elia, Panaoura, Gagatsis & Eracleous, 2006).

A representation is any configuration of signs, characters or objects that stand for something else (Goldin & Shteingold, 2001). The term 'representation' is defined as the concept that includes the represented world, a representing world, a set of rules that maps elements of the represented world to elements of the representing world and a process that uses the information in the representing world (Gagatsis, Elia, & Mougi, 2002). The concept of representation is used extensively in mathematics and translation ability is highly correlated with high mathematic achievement (Gagatsis & Shiakalli, 2004). The use of multiple representations is associated with the complex process of learning in mathematics and more particularly to better understanding of complex mathematical concepts, such as the concept of the function (Dufour-Janvier, Bednarz, & Belanger, 1987., Greeno & Hall, 1997). Mathematical representations are increasingly important in terms of expression, communication and public understanding of the basic concepts and

ideas in Economics and Management, for instance, through the use of diagrams, words and symbols. At the same time, function is a concept, which is used by economists on everyday basis e.g. for currencies and measurements. Furthermore, progressively more activity in the financial market is governed by mathematical functions (Stuparu & Daniasa, 2009).

A sustainable number of research studies have examined the role of different representations on the understanding and interpretation of functions (e.g. Hitt, 1998, Markovits, Eylon, & Bruckheimer, 1986, Panaoura, Gagatsis, Deliyianni, & Elia, 2009). According to Eisenberg (1992), the development of the concept of function should be a key objective of the curriculum both in secondary and higher education. The concept of function admits a variety of representations. Each representation offers information about particular aspects of the concept without allowing us to describe it completely (Duval , 2002). Students often have many difficulties working with functions due to the need to coordinate multiple representations e.g. equations, graphs, tables (Schoenfeld, Smith, & Arcavi, 1993).

Instructors observed the difficulties that the students face to understand the concept of function as well as to recognize and use graphical representations of functions. According to Neres et al. (2018), the objective of the studies would be to examine how students use the various ways of representing the concept of study, as well as changing from one mathematical representation to another. Despite the fact that flexibility in using multiple representations is highly correlated with the process of learning and understanding complex mathematical concepts, however, a limited number of studies have examined the responses, concerning the use of mathematical representations enrolled in other disciplines like, Economical Sciences.

Concerning the above, we conclude that the majority of researchers recognize the importance of the recognition of the different representations of functions and the transformation from one type of representation to the other. Based on that, we have to recognize the importance of natural language in understanding different mathematical concepts. Mathematical language contains graphical representations, geometrical figures, symbols and elements from the natural language. In fact, definitions, theorems, properties and explanations are expressed partly by using elements from the natural language. In this case, we use the term of “discursive comprehension” which is related to the comprehension of the representations and symbols used in mathematical texts. A focus of the present research concerns the discursive comprehension.

The present study

The present study is the second part of research project concerning Economics and Management students’ beliefs and self-efficacy beliefs about mathematics, functions and their representations and at the same time their comprehension of functions, in particular of exponential and logarithmic ones. Several researchers underline the significant role of beliefs in students’ performance in Mathematics (e.g. Gómez-Chacón, Romero Albaladejo, & Garia , 2016), since beliefs affect the way in which students learn and use Mathematics.

At first, we examined the students' beliefs about the value of mathematics as a tool and the use of representations in understanding exponential and logarithmic functions in relation to their respective self-efficacy beliefs. Implicative relations were found between students’ beliefs about the nature of Mathematics, the value of Mathematics in relation to their studies, the role of representations and the value of representations in relation to their studies. Furthermore, implicative relations were identified between beliefs and self-

efficacy beliefs about mathematics and their representations. Thus, the findings highlight the strong interrelations among students' beliefs and self-efficacy beliefs in using mathematics and representations effectively in understanding and presenting the concepts of economics. In fact, the results suggest that all the above mentioned dimensions construct a coherent system of interrelated factors. However, instances of a compartmentalized way of thinking are evident in the responses offered by first year students but even more so in the responses by fourth year students. This may be interpreted in the light of the fact that over the years and through their experience as students, they have more detailed and clear views and can distinguish between their beliefs and self-efficacy beliefs. It is important that students learn, during their undergraduate studies, to self-evaluate their strengths and limitations and develop self-regulatory strategies in order to persist on overcoming obstacles and difficulties (Nicolaou, et al., 2017).

As we already said, this study, is the second part of the project concentrated on the role of the students' cognitive performance with respect to the concept of function. Thus, in this second phase we investigate the structure of students' responses in solving functions' tasks using representations. So the present second phase of the research project focuses on responses of students during their studies in the Faculty of Economics and Management (Level: Year One and Four) in tasks related to the understanding the concept of functions and in particular of exponential and logarithmic ones and their representations in relation to their ability to use them fluently and flexibly. In particular:

1. What is the cognitive performance of first and fourth year students who study in the Faculty of Economics and Management in tasks related to the understanding of representations of functions?
2. What are the relations between students' performance in representations tasks related to exponential and logarithmic functions and the tasks related to the definition of function?
3. What is the level of discursive comprehension of the first and fourth year students measured in our case by the students' explanations about their responses in different tasks?
4. Which are the most important implications between students' discursive comprehension and their success to the different tasks of representations?

2 Methodology

2.1 Experimental population

The study was conducted among the undergraduate students who study in the Faculty of Economics and Management in three different departments: the department of Economics, department of Accounting and Finance, department of Business and Public Administration at a public university of Cyprus, during the school year 2015-2016 (243 first year students and 130 fourth year students).

A test was compiled in order to investigate the students' achievement concerning the use of representations in exponential and logarithmic functions. The test comprises ten tasks/exercises, divided into four different categories.

2.2 A priori analysis of the questionnaire

The first category investigates the definition of the concept of function, the second examines the translation from one type of representation to the other, the third investigates the recognition abilities and the fourth category concerns problem-solving abilities. Recognition and translation tasks, in some cases, are considered as tasks of the same category. Explanation tasks are also comprises for each recognition and translation task, in order to clarify students' way of thinking. In these tasks the students had to explain their replies to the different mathematics tasks using definitions, properties etc in natural language. Consequently, their replies give evidence of their discursive comprehension of the intervening mathematical relationships and their representations.

The exercises were content and face-validated by a Professor of Economics, an Associate Professor of Management and Professor of Mathematics Education. The items were piloted before their final administration among 20 year four undergraduate students studying in the Faculty of Economics at Aristotle University of Thessaloniki in Greece. Based on the specialists' comments and a pilot study, a number of revisions of the initial form of the questionnaire were made, regarding the difficulty and complexity of the tasks. The items corresponding to each category of the test are presented in the Appendix1.

The test was administered to the students by the researcher, who is one of the author, under usual classroom conditions, after explaining them the aim and the significance of the present study. Lecturers left the room, providing about 40 minutes at the end of the teaching period. Students completed the test in the presence of the researcher, who had a passive role as a supervisor. It should be noted that the test was anonymous. Despite the fact that the participation was voluntary, all the students filled the test.

2.3 Mathematical Working Space (MWS)

We will use the model of the mathematical working space in order to analyze the ten tasks of the test. The theoretical and methodological model of Mathematical Working Space (MWS) is introduced by Alain Kusniak and other researchers from Ldar the Université Paris 7 Diderot. For over ten years, the model has been the object of a collaborative work among various researchers, generally coming from French and Spanish speaking countries but also from Cyprus. Six International Conferences (ETM) have been organized on MWS.

We would base our presentation on MWS on a recent paper by Alain Kuzniak et al (Kuzniak, Tanguay, & Elia, 2016). According to Kuzniak et al. (2016), articulating epistemological and cognitive aspects, the MWS model is aimed at providing a tool for the specific study of mathematical work in which students and teachers are effectively involved during mathematics sessions. The abstract space therefore considered, refers to a structure organized in a way that permits the analysis of the mathematical activity of individuals dealing with mathematical problems. Consequently, analyzing mathematical work over the lens of MWS, allows tracking down how meaning is progressively constructed, as a process of bridging the epistemological and the cognitive perspectives (these being modelled as two planes at different levels in the diagrammatic structure) in accordance with different specific yet intertwined genetic developments. Each is identified as a genesis related to a specific dimension in the model: semiotic, instrumental and discursive geneses. A semiotic genesis (including figural genesis), provides the tangible objects their status of operating mathematical objects. Instrumental genesis

transforms artefacts in tools within the construction process and discursive genesis of proof, gives a meaning to properties used within mathematical reasoning.

2.4 Statistical analysis of the data

SPSS analysis was used to investigate first and fourth year students' performance in the tasks of the test. In order to determine the most relevant implications between different representation tasks, similarity and implication graphs were constructed using Gras statistical implicative method, achieving Cohesive Hierarchical Implicative Classification (C.H.I.C) data analysis. The analysis tool proposes two different ways to organise these implications into systems: i) the similarity tree and ii) the implication graph.

3 Results

3.1 Students' Performance

Table 1 displays the percentage of correct answers (students' performance) for each question, corresponding to the total sample, year one and year four students.

CATEGORIES		Variables	Cumulative Percent (%)		
			Total Sample	1st Year Students	4th Year Students
Definition Tasks		Q1DEF	20.7	24.8	13.6
	Example	Q1DEFex	97.7	96.9	99.2
		Q3a	27.3	26.3	29.2
	Example	Q3b	82.6	83.5	81.0
		Q8	41.7	39.0	46.8
Recognition Tasks		Q4	42.4	42.4	42.3
	Explanation	Q4exp	27.0	26.9	27.3
		Q9	49.3	49.4	49.2
	Explanation	Q9exp	29.5	31.3	26.1
Translation Tasks		Q2	57.6	58.8	55.4
	Explanation	Q2exp	59.1	60.8	56.1
		Q5	53.8	56.8	48.1
	Explanation	Q5exp	21.3	19.8	24.2
		Q6	44.3	40.8	50.8
	Explanation	Q6exp	53.4	54.1	52.0
		Q7	37.1	35.8	39.5
	Explanation	Q7exp	35.8	37.1	33.3
Problem-Solving Task		Q10	33.3	34.5	30.8

Table1. Students' Performace in representations of functions tasks

As already mentioned in the methodology section above, the structure of the test consisted of four different categories; "Definition", "Recognition", "Translation" and "Problem Solving". The exercises used and coding for each task are presented in Appendix1.

Definition

The first category, relating to definition tasks, involves three tasks (Q1DEF, Q3a, Q8). Conserning the total sample of the first task (Q1DEF), which is a classical definition task, asking "what do they call a function", the performance rate of the students, in each sample group seem to be disappointing. Higher performance rates in this task were identified for the first-year students The third task (Q3a) which is also a definition task, aims to explore "How the students understand that a graphical representation does not represent a function". The performance results of the overall sample are slightly better than the first task (Q1DEF) but are still low. Slightly better achievement rates have students in the fourth year, in contrast with the Q1DEF task. Question 8 (Q8), is likewise a definition task, in which, an equation is given, asking the students to decide if this equation represents a function or not. Comparing the results of first and fourth year students, it should be noted that fourth-year students have a higher success rate. Concerning the above, it seems that there is not important differences between the achievement of the first and fourth year students. There is only one exeption concerning the classical definition of function (24.8% - 13.6%). Regarding the first definition task (Q1DEF), the students of the first year had better results, while in the other two definition tasks (Q3a, Q8), the results of the the fourth year students are higher. A possible reason for the performance rate could be that the fact that the introduction to concepts take place during the first years of study, so in a classical definition task, first year students who remember the curriculum to a greater extent, have better results. In the other two tasks where the understanding of the definition of function is required, fourth-year students have better results. Conversely, it should be noted that in the part of the tasks where the students were asked to give examples of a relationship that represents (Q1DEFex) or does not represent (Q3b) a function.

Translation

The second category of the test includes four translation tasks (Q2, Q5, Q6, Q7). Observing the results of Question 2 (Q2), we can see that approximately 60% of students have correctly matched the graph with the type of the equation of function it expresses. The results of the first and fourth year students are quite close, with first year students having better results in this translation. Likewise, in the fifth task (Q5), students were asked to properly match the type of the equation of the function with the corresponding graphical representation. A correct answer for this variable is considered the matching of all three types of equations with the appropriate graphical representation. Observing the results of the total sample, a slightly larger percentage than the base (53.8%) of students respond correctly, by recognizing the type of the graphical representation (line, representation of exponential function, polynomial function - curve) and matching it with the appropriate equation. Comparing the results of first and fourth year students, students in the first year seem to give more correct answers. In the sixth task (Q6), students were asked to match the equation of the function with the corresponding graphical representation. The purpose of this task is to clarify the ability of students in translation in combination with properties of function. By comparing the results of first and fourth year students, fourth-year students have better achievement rate. Moreover, in question 7 (Q7), only 37.1% of students have correctly matched the graphical representation with the appropriate equation of function. The results of the fourth year students are higher compaterd to the achievement of first year students.

Regarding the translation tasks, in the first two projects (Q2, Q5), first year students have better performance than fourth-year students. In tasks six and seven (Q6, Q7) fourth-

year students have higher achievement rate. Therefore, it appears that while first-year students can more easily distinguish equations that correspond to different types of graphical representations, they still face more difficulties in managing and translating equations which require the use of properties of a function. It should be noted that in all translation tasks, students have difficulties in explaining how they worked to reach the solution. Greater difficulties encountered in the explanations of tasks 5 and 7 (Q5exp, Q7exp).

Recognition

The third category includes two tasks (Q4, Q9) concerning recognition. In question 4 (Q4) the success rates of students for the overall sample, for the first and also for the fourth year are similar, with approximately 42.3% - 42.4% responding correctly to the project, recognizing the graph that corresponds to the type of the logarithmic function.

Furthermore, in Question 9 (Q9), observing the results of the total sample, we can see that 49.3% of students choose the correct graph of the equation of the logarithmic function. The results of the first and fourth year students are quite close. Performance rates in tasks Q4exp and Q9exp which are asking for explanations of the way they solve the tasks are very low (Q4exp 1st year: 26.9%, 4th year: 27.3%, Q9exp 1st year: 31.3%, 4th year: 26.1%).

Problem-Solving

The last category concerned a problem-solving task (Q10). Overall, the performance rate of the students, for each group of the sample, seems to be disappointing, since the average is approximately 30%.

Based on the above remarks, concerning the comparison of the achievement results of first and fourth year students, we conclude that there are no significant differences. Thus, the implicative and similarity analysis of the results which concern structural similarities and differences, seems to be more interesting.

3.2 Analysis based on Mathematical Wosrking Space

The first group of the tasks is related to the definition of function (Q1, Q3, Q8). These tasks are strongly related to with discursive genesis, not only because the students use the definition of the function but also because they have to explain, concerning some examples of functions.

The second group of the tasks (Recognition (Q4, Q9) and Translation (Q2, Q5, Q6, Q7, Q9)), is related to the semiotic genesis. Although the students have to choose among different graphical representations, most of the times, especially at the translation tasks, students use algorithmic operations/procedures as to find the right answer. Thus, we could argue that some tasks are also related to the instrumental genesis. Explanations of all these tasks are related to the discursive genesis as they have to explain the way they worked to reach the right solution.

Finally, the problem soving task (Q10), is a word problem which is related to all the three geneses.

3.3 Implicative Analysis

In order to faciliate the comparison of the results of the first and fourth year students, our analysis of the implicative statistical analysis will be based on the following types of possible implications between variables:

a. The first kind of implications we are looking for concerns the variables about students explanations.
b. The examination of existence of implicative relations between the different variables concerning the definition of a function are also a subject of interest.
c. Other implications that seem to be interesting are the ones between variables concerning recognition tasks and translation between representations.
d. Finally, it is important to study possible implications between all the variables cited above.

In this way, a comparison of the similarity and implicative diagrams of the first and fourth year students are possible.

3.3.1 Similarity Trees

The criterion used to determine the presence of a compartmentalization in a similarity tree was to create a separate set of tasks belonging to the same category.

3.3.1 (a) Similarity Tree – First Year Students

The similarity diagram below (Figure 1), presents how first-year students respond at the tasks of the test. The classifications and similarity rates among the variables concerning the responses of year-one students at the exercises of the test presented in Appendix 2. The diagram is divided into two main groups (Group 1, Group 2) which are not linked to each other.

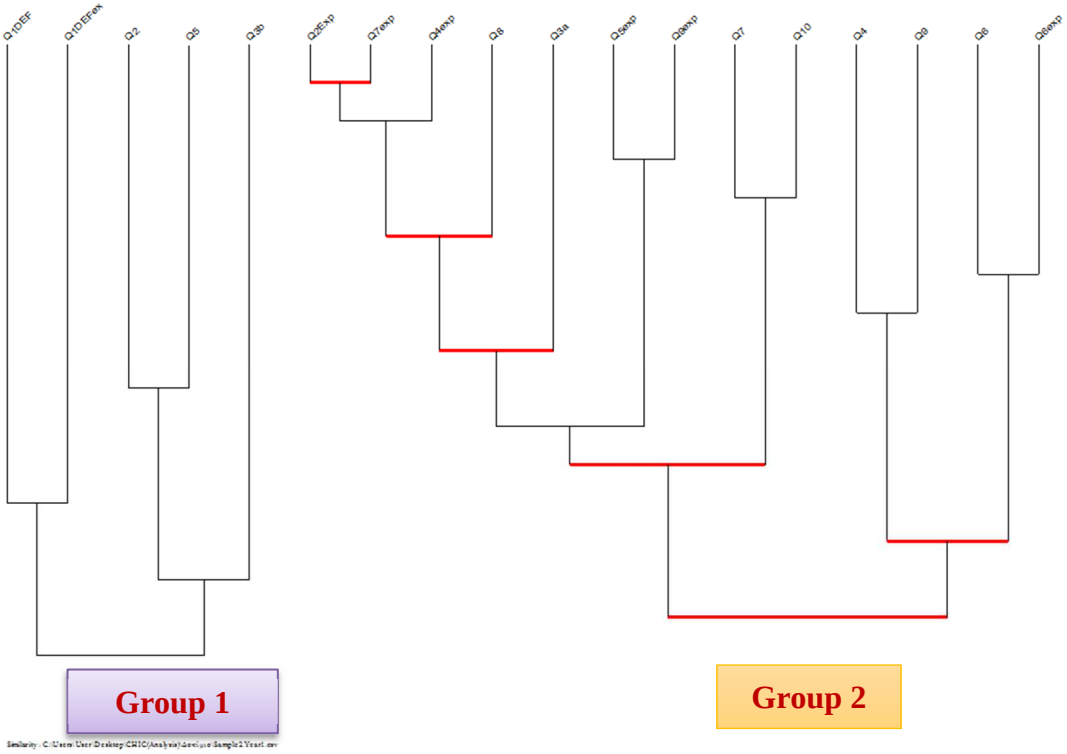


Figure 1. The similarity diagram among the responses of first year students to the test tasks

The first group of the figure above, consists of five variables. The first pair of variables that are encountered consist of the definition of the function (Q1DEF) and an example of the definition (Q1DEFex), (i.e. a relation representing a function), (Classification level 12, similarity: 0.644116).

The next pair (Q2, Q5) consists of two variables belonging to the translation category of the function. The variable Q3b, which is a definition task and corresponds to an

example of a relation that does not represent a function, is linked with the two, weakly linked, translation projects above. Finally, the first pair of definitions is linked to the other three variables, with the weakest similarity linkage shown in this diagram (Q1DEF Q1DEFex) ((Q2 Q5) Q3b)): 0.0789758). In fact, there is not a correlation similarity in this last case.

The second main group of the diagram consists of thirteen variables about functions and their representations. In this group, some other important subgroups appear to be formed.

The first two variables (Q2Exp, Q7exp) that appear, represent the strongest bond of similarity (Classification Level 1, (Q2Exp Q7exp) similarity: 0.986936) correspond to explanations of how students worked to solve translation tasks. The link is supplemented by a third variable (Q4exp), which also corresponds to an explanation of a function recognition task.

Variable Q8, which explores whether an example expresses a function follows, and is associated with the above variables of this group with a significant similarity link, and then, variable Q3a which is a definition task and examines what does not represent a function follows. The next pair that appears consists of variables that correspond to explanations of the way the students work to solve the tasks (Q5exp, Q9exp). Then, a pair of an exponential function translation (Q7) and a problem-solving task (Q10) follows. This pair is associated with all of the above variables of the second group, with a strong and at the same time important relation of similarity ((((((Q2Exp Q7exp) Q4exp) Q8) Q3a) (Q5exp Q9exp) similarity 0.715617). The next pair of the diagram consists of two variables about function recognition (Q4, Q9). This pair is associated with a significant node of similarity, with the pair of Q6 and Q6exp variables, which is a translation task and its explanation, respectively. All the variables of the second group are linked to each other with a significant bond of similarity.

3.3.1 (b) Similarity Tree – Fourth Year Students

The similarity diagram below (Figure 2) shows responses of fourth-year students at the test and it is divided into two main groups that are not linked to each other.

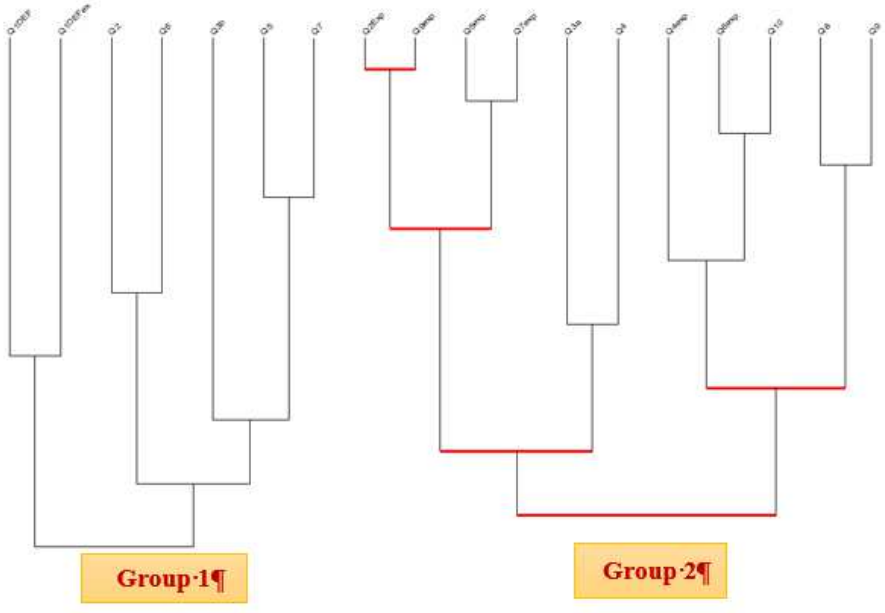


Figure 2. The similarity diagram among the responses of fourth year students to the test tasks

The first main group of the figure above, consists of seven variables. The first group of variables that are encountered consists of Q1DEF and its example (Q1DEFex) which is a pair representing the definition of function, in the same way as in the diagram for first year students. The next pair (Q2, Q6) consists of two variables concern the translation of function. The variable Q3b, which is a definition task and corresponds to an example of a relation that does not represent a function, is associated with the next pair (Q5, Q7), which is a group of translation tasks. These three variables are associated with the directly preceding pair of translation projects (Q2, Q6). Finally, all the variables of the first group are linked together by a weak link of similarity.

The second main group of the diagram consists of eleven tasks of the concept of function. In this group, other smaller but at the same time important subgroups appear to be formed. The first two variables (Q2Exp, Q9exp) form the strongest bond of similarity (Classification Level 1, (Q2Exp Q9exp) similarity - 0.962012) and correspond to explanations of how the students worked to solve a translation and recognition project respectively. The link completed by another pair of variables corresponding to explanations of translation tasks (Q5exp, Q7exp).

These four variables, in turn, create a small subgroup, since all of them express explanatory tasks and are linked together by a strong and important link ((Q2Exp Q9exp) (Q5exp Q7exp) (similarity: 0.790779)). The following pair of variables, concerns definition (Q3a) and logarithmic function recognition (Q4), which is linked to the four explanations mentioned above with a significant bond of similarity. The next bond that is exposed corresponds to two explanation variables (Q4exp, Q6exp) of how the students worked to solve the tasks and another variable corresponding to the problem-solving task (Q10). This subgroup is complemented by another pair consisting of a definition task - using an example - and a recognition of a logarithmic function.

These five variables of the second group are linked with a relatively moderate but significant bond of similarity ((Q4exp (Q6exp Q10)) (Q8 Q9) (similarly: 0.494054). All the variables in the second group are linked to each other by a significant bond.

3.3.1 (c) Comparison of First and Fourth Year Student Similarity Diagrams

Observing the similarity diagrams derived from the analysis of the first and fourth year students' answers, it is observable that both similarities and dissimilarities arise. Both the first year and the fourth year similarity diagrams are composed of two main groups that are comparable and not related.

First Group of the Similarity Diagrams

(a) In both diagrams, we meet the pair of the variables related to Definition and its Example represents the function (Q1DEF - Q1DEFex). Students of both years feel the significance of the definition and the correct example of the function in the same significant way.

(b) The next pair of variables in both diagrams is essentially the same. In the first year diagram, this pair consists of the variables Q2 and Q5, corresponding to translation tasks. In the fourth year Q2 and Q6 appear, the first variable (Q2) is the same as in the first year, while Q6 is almost the same as Q5 shown in the diagram of the first year.

(c) The variable Q3b that corresponds to an example of a relation that does not represent a function appear in both diagrams. In the fourth year similarity diagram, this variable is associated with a pair of variables corresponding to translation projects (Q2, Q5 - matching algebraic equations with the appropriate graphs).

Second Group of the Similarity Diagrams

(a) The second group, both in the similarity diagram for first year students and in the fourth year students, consists of two large subgroups. These groups are composed of smaller groups which differ both in their composition and the majority of variables.
This is expected, since on the first group of the first year similarity diagram there are two more variables, and also, the significance attributed to the various tasks by students in the fourth year is in many cases different from the aspect of students of the first year.
(b) In both diagrams, there is a grouping of variables to explanation activities. This grouping is of course expressed differently in two years due to their differences in students' knowledge and skills. Indeed, in the first year diagram, three explanation variables are directly linked to two definitions of the function. This fact shows a more direct connection of first-year students 'explanations to the definition of the function, a phenomenon not observed in the fourth year students' similarity diagram.
(c) The first subgroup of the first year diagram, includes five tasks related to explanation activities, a task related to the definition of the function and an example based on the definition. Therefore, it is clear, that for students of the first year, there is a great deal of relevance between explanation and definition. In addition, the first subgroup is associated with the second subgroup, including problem solving task. It is noted that the same phenomenon is not observed in the students' similarity diagram of the fourth year students.

3.3.2 Implicative Graphs

The implicative diagrams shows the relationship between the variables, which in this case represent the responses of students at the tasks of the test. In particular, the implicative diagram shows the implicative relations between the variables which in this case, success in a task entails success in another task (A→B). The criterion which is used to determine the presence of a compartmentalization in an implicative diagram is to create a separate sets or chains of tasks belonging to the same category (e.g. definition, explanations etc), or the emergence of implicative relations between them. Generally speaking, there are two sets of variables in both implicative graphs concerning the first and fourth year students. We could represent this phenomenon with the following figure:

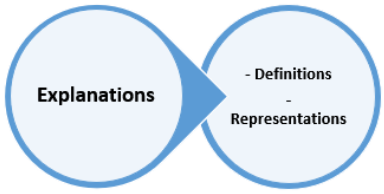


Figure 3. Different sets of variables concerning Implicative Diagrams

3.3.2 (a) Implicative Graph - First Year Students

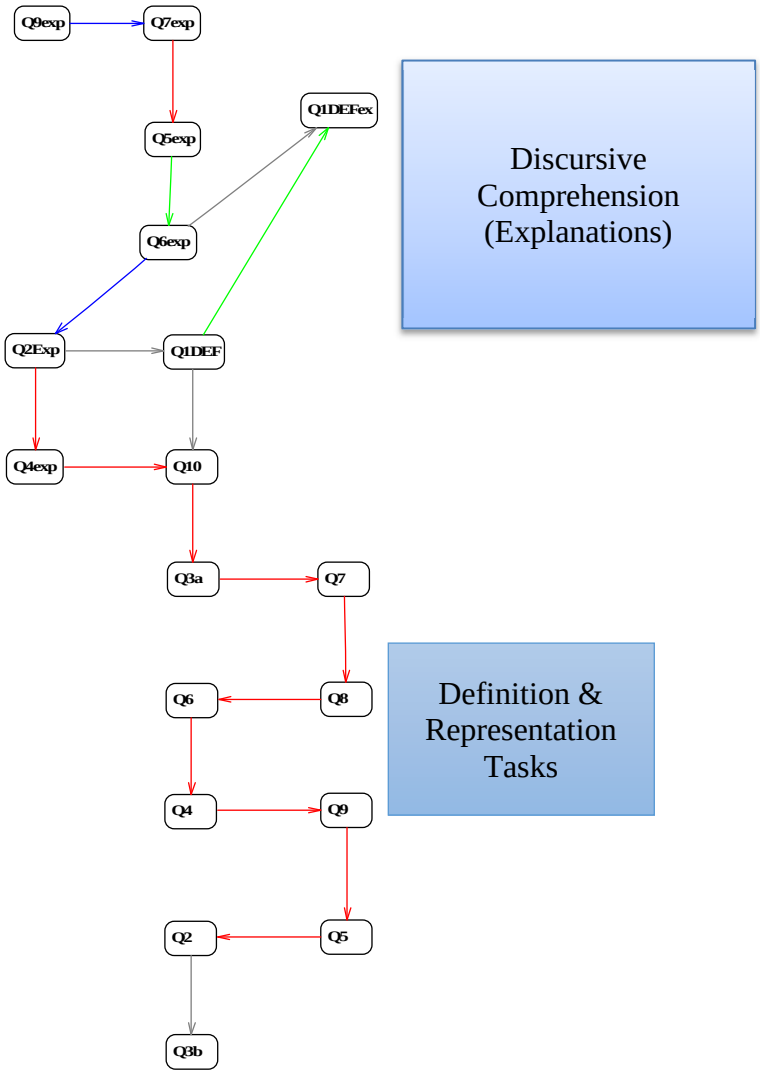


Figure 4. Implicative graph among the responses of first year students to the test tasks

Figure 4 presents the implicative relations among the variables corresponding to first year students' responses to the tasks of the test. The variables appear to for only one group. The implicative diagram is almost linear. More specifically, there is an almost absolute hierarchy between the different tasks. In this implicative relationship, we can observe that all the groups of variables involved in the survey appear in the graph.

However, some chains are easily distinguished since consist variables of the same category and create compartmentalization between certain tasks. Thus, it would be of interest to point out some of these chains.

More specifically:

(a) The "explanation" team in relation to various tasks (recognition, translation),

(b) The definition group in various forms (definition of when a relation expresses a function, definition of when a relation does not represent a function, definition using a semiotic system) and the definition example,

(c) The recognition of algebraic equations in correspondence with the graphical representation,

(d) Translation tasks concerning the matching of equations with the appropriate graphical representations of various functions.

Essentially, recognition tasks correspond to the first type of translation, or better, to the conversion from one representation system to another in an automated way. In other words, the group of five recognition (Q4, Q9) and translation (Q2, Q5, Q6) tasks that are displayed, express the translation or conversion or transformation process from one representational system to another.

Based on the above observations, we can say that in the implicative diagram, the three groups of variables actually interfere with the problem we are examining; the group of variables in relation to the definition of the function (Q1DEF, Q3a, Q8), the group of translations or transformations between different representations (Q2, Q4, Q5, Q6, Q7, Q9) and the group of corresponding explanations (Q2exp, Q4exp, Q5exp, Q6exp, Q7exp, Q9exp).

Finally, there is a problem-solving variable (Q10) on the implicative diagram.

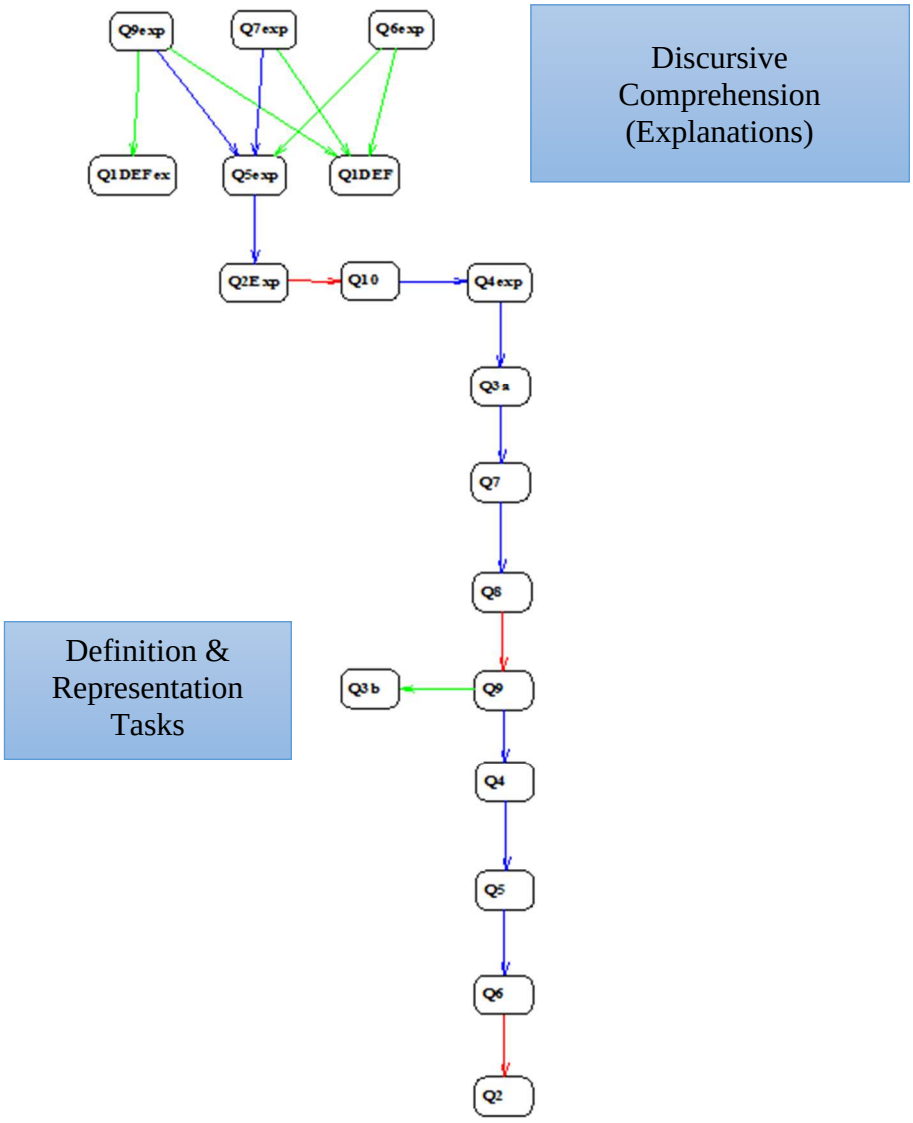
Based on the above observations, the diagram shows the following:

The main chain of this graph is the group of explanations (Q9exp→ Q7exp→ Q5exp→ Q6exp→ Q2exp→ Q4exp) which corresponds to what we call "logical or verbal" understanding. Indeed, students' arguments are expressed using natural language combined with elements of symbolic language and demonstrating the existence of understanding of students.

Students who succeed in the tasks of explanation usually succeed in all other types of tasks, ie in the tasks of definition of function, in recognition or transformation of representations and finally in problem solving task.

3.3.2 (b) Implicative Graph - Fourth Year Students

Figure 5. Implicative graph among the responses of fourth year students to the test tasks



The implicative diagram above verifies the existence of the same groups of variables and the relationships between them, as well as the first-year implicative diagram.

More specifically:

(a) The group of five conversion or transformations tasks between different representations (Q9→Q4→Q5→Q6→Q2). appear at the end of the convection chain, roughly the same as the implicit pattern of the results of the first-year students. This group includes the easiest tasks.

(b) The group of explanations of translation or transformation tasks (recognition and translation) presented at the top of the hierarchical chain, but the relationship between the various projects is not linear, as the case for first year students. Indeed, in this case there are no relations between the three explanation variables (Q9exp, Q7exp, Q6exp). This is a sign of greater flexibility of fourth-year students in explaining their reasoning. The chains are as follow: Q9exp→Q5exp→Q2exp, Q7exp→Q5exp→Q2exp, Q6exp→Q5exp→Q2exp.

(c) The problem-solving variable (Q10) appears in the fourth year students implicative diagram in the same way as in the first year students' diagram, ie immediately after the explanation variables.

(d) The set of variables about definition (Q1DEF, Q3a, Q8) appear in direct implications with the explanatory variables. Finally, the definition of function variables using the equation (Q8) and the definition when a relation does not represent a function (Q3a) is shown after the explanation variables, as is the case in the first year students' graph.

We observe that both the implicative graphs above (first and fourth year students) indicate that the successful explanations – discursive comprehension – implies the success in the rest of the tasks and that is an indication of the effectiveness of the MWS theory for the analysis of the students way of work in mathematics.

4 Discussion

According to Moosevian (2016), economics and managements sciences involving a large number and a wide variety of concepts, variables and models (Moosavian, 2016) that use mathematics in order to explain phenomena and supports assumptions. The present study concentrates on students' responses, concerning performance in understanding and using multiple representations of the concept of function, during their studies in the Faculty of Economics and Management.

In general, as raised by from the achievement percentages, it should be noted that students face major difficulties in understanding and using representations. It is also very important to note that in several cases, during their studies, students' performance is getting worse, instead of improving. It seems that students do not completely understand the concept of function. The problem seems to start from the definition of function, and extends to the inability to recognize and translate between different representations, and problem solving inabilities. Observing the results, it is clear that students have several weaknesses especially in the definition and problem solving.

Based on Statistical Implicative Analysis (SIA) and, in particular, on the similarity and implicative relations w investigated students' responses in tasks using different types of representations of the concept of function. In particular we have studied students' use of the representations of logarithmic and exponential functions.

Strong interrelations among the different components investigated have been observed. The findings highlight the strong interrelations among students' explanations about the way they solve the tasks and their achievement in definition, recognition, translation and problem-solving tasks.

According to the implicative graphs, for first year students, the relationship of success between the various explanation tasks and tasks related to representations is linear. In fact, the first year students' success to the explanation tasks, giving evidence it is not clear what you are trying to say here of their discursive comprehension, predicts the success to the other tasks. This means that the discursive comprehension of mathematical relations is of high importance for their success in all the tasks related to representations. On the contrary, the implicative graph based on the replies of fourth year students is not linear, but the derived findings remain very important. In this case there are no relations between all the explanation variables. This is a sign of greater flexibility of fourth-year students in explaining their reasoning. This could be due to the fact that over the four year of their

studies, through their experience as students in the Finance or in the Business Administration Department, they obtained a more comprehensive knowledge and clearer views about mathematics and the importance of the representations. These students can distinguish their beliefs from self-efficacy beliefs concerning mathematics and its representations and they arrive in a higher level of discursive comprehension of mathematics.

As we have already explained, the present study is the second phase of a more global research project concerning Finance and Business students' comprehension of mathematics, the first phase of which was the exploration of beliefs and efficacy beliefs of the same students concerning mathematics and the use of representations in mathematics and in particular in functions. Thus, in a third phase of our research project, we will try to combine the statistical results of the first phase concerning the affective domain with the results of the second phase concerning students' comprehension of functions and the use of its representations. In this way we will be in a position to propose a theoretical model of Finance and Business Administration students' affect characteristics concerning mathematics combined with their comprehension in act on functions and its representations.

References

[1] Dufour-Janvier, B., Bednarz, N., & Belanger, M. (1987). Pedagogical considerations concerning the problem of representation. In C. Janvier, Problems of Representations in the Teaching and Learning of Mathematics (pp. 109-122). Hillsdale: NJ: Lawrence Erlbaum.

[2] Duval, R. (2002). The cognitive analysis of problems of comprehension in the learning of mathematics. Mediterranean Journal fo Research in Mathematics, 1(2), 1-16.

[3] Eisenberg, T. (1992). On the development of a sense of functions. In T. Eisenberg, & G. Dubinsky (Ed.), The concept of function: Aspects of epistemology and pedagogy (pp. 153-174).

[4] Friedlander, A., & Tabach, M. (2001). Promoting Multiple Representations in Algebra. (Cuoco, Ed.) The Roles of Representation in School Mathematics, 173-185.

[5] Gagatsis, A., & Shiakalli, M. (2004). Ability to translate from one representation of the concept of function to another and mathematical problem solving. Educational Psychology, 24(5), 645-657.

[6] Gagatsis, A., Elia, I., & Mougi, A. (2002). The nature of multiple representations in developing mathematical relations. Scientia Paedagogica Experimentalis, 39(1), 9-24.

[7] Goldin, G., & Shteingold, N. (2001). System of mathematical representations and development of mathematical concepts. In F. R. Curcio, The roles of representation in school mathematics: 2001 Yearbook (pp. 1-23). Reston: VA: National Council of Teachers of Mathematics.

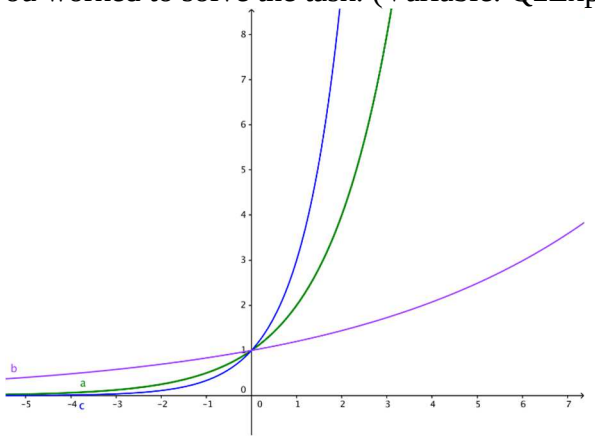
[8] Gómez-Chacón, I., Romero Albaladejo, I., & Garia, L. (2016). Zig-zagging in geometrical reasoning in technological collaborative environments: an MWS-framed study concerning cognition and affect. ZDM: The International Journal on Mathematics Education, 48(6), 909-925.

[9] Greeno, J., & Hall, R. (1997). Practicing representation: Learning with and about representational forms. Phi Delta Kappan, 78, 361–367.
[10] Hitt, F. (1998). Difficulties in the Articulation of Different Representations Linked to the Concept of Function. Journal of Mathematical Behavior, 17(1), 123-134.
[11] Kuzniak, A., Tanguay, D., & Elia, I. (2016). Mathematical Working Spaces in schooling: An introduction. ZDM Mathematics Education, 48(6), 721-737
[12] Laging, A., & Voßkamp, R. (2017). Determinants of Maths Performance of First-Year Business Administration and Economics Students. International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education, 3, 108-142.
[13] Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. Review of education research, 60, 1-64.
[14] Mardanov, R., & Khasanova, A. (2014). Current issues of teaching mathematics in economic faculties of universities. Phocedia-Social Behavior Sciences, 152, 1062-1065.
[15] Markovits, Z., Eylon, B. S., & Bruckheimer, M. (1986). Functions today and yesterday. For the Learning of Mathematics, 16(2), 18-24.
[16] Melnik, R., Makarov, R., & Belair, J. (2017). Modern Challenges in Applied Mathematics, Modeling and Computational Science. (R. Melnik, R. Makarov, & J. Belair, Eds.) Recent progress and modern challenges in applied mathematics, modeling and computation, 3-16.
[17] Moosavian, S. (2016). Teaching economics and providing visual “Big pictures”. Economics and Political Economy., 3(1), 119-133.
[18] Neres, R. L., Labidi, S., Brandão, R. J., Lago, W. J., Sampaio, R., de Brito, I., . . . Gama, A. M. (2018). Application of the Similar Function with Contribution of Semiotic Representations: A Research Study Involving High School Students. Creative Education, 9, 380-392.
[19] Nicolaou, S. G., Gagatsis, A., Deliyianni, E., Panaoura, A., Elia, I., & Anastasiadou, S. (2017). Tracing the beliefs and self-efficacy beliefs of undergraduate economic sciences students: The case of the representations of functios. 9th International Conference A.S.I. Statistical Implicative Analysis, (pp. 457-474). Belford.
[20] Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs in academic settings. Review of Educational Research, 66, 543-578.
[21] Panaoura, A., Gagatsis, A., Deliyianni, E., & Elia, I. (2009). The structure of students’ beliefs about the use of representations and their performance on the learning of fractions. Educational Psychology; An International Journal of Experimental Educational Psychology, 29, 713-728.
[22] Panaoura, A., Gagatsis, A., Deliyianni, E., & Elia, I. (2010). A model on the cognitive and affective factors for the use of representations at the learning of decimals. Educational Psychology: An International Journal of Experimental Educational Psychology, 30(6), 713–734 .
[23] Pimm, D. (1995). Symbols and meanings in school mathematics. New York: Routledge.
[24] Rosita, C. D., Nopriana, T., & Dewi, I. L. (2019). Development of linear algebra learning material based on mathematical understanding and representation. International Conference on Mathematics and Science Education (ICMScE 2018) (pp. 1-7). Journal of Physics: Conference Series.

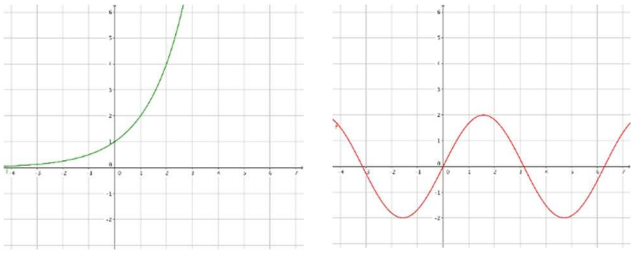
[25] Schoenfeld, A., Smith, J., & Arcavi, A. (1993). Learning: The microgenetic analysis of one student's evolving understanding of a complex subject matter domain. (R. Glaser, Ed.) Advances in instructional psychology, 55-175.
[26] Schunk, D. H. (1981). Modeling and attributional effects on children's achievement: A self-efficacy analysis. Journal of Educational Psychology, 73, 93-105.
[27] Stuparu, D., & Daniasa, C. I. (2009). Significance of Mathematics for Economics. Working Paper, University of Craiova.

Appendix 1

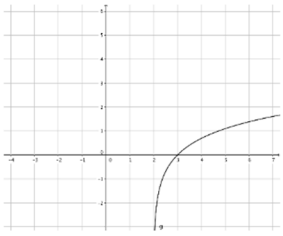
Question 1.
(a) What do we call a function? (Variable: Q1DEF)
(b) Give an example of a function. (Variables: Q1DEFex)
Question 2.
(a) The figure below shows graphical representations of $f(x) = 2^x$, $g(x) = (1,2)^x$, $h(x) = 3^x$. Match each graph (a, b, c) with the appropriate equation. (Variable: Q2)
(b) Explain the way you worked to solve the task. (Variable: Q2Exp)

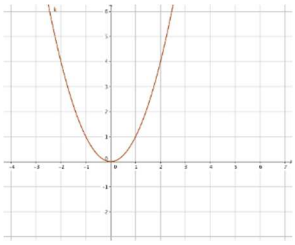


Question 3.
(a) How do we understand that a graphical representation (of an orthogonal axle system) does not correspond to a function? (Variable: Q3a)
(b) Give an example of a relationship that does not represent a function. (Variable:Q3b)
Question 4.
Which of the following graphs corresponds to a logarithmic function? (Choose the right one) (Variable: Q4)
Explain the way you worked to solve the task. (Variable: Q4Exp)



A B


C

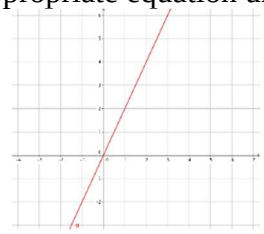

D

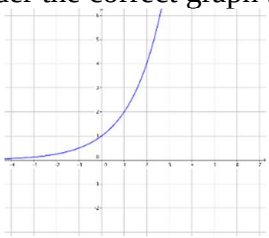
Question 5.

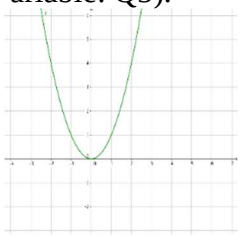
The following figure gives the graphs of the equations:

A. $f(x) = x^2$
B. $g(x) = 2x$
C. $h(x) = 2^x$

Write the appropriate equation under the correct graph (Variable: Q5).


a.


b.


c.

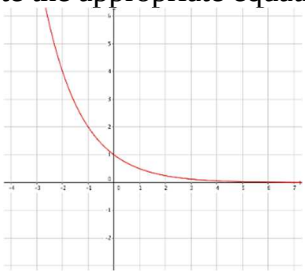
Explain how you worked (Variable: Q5exp).

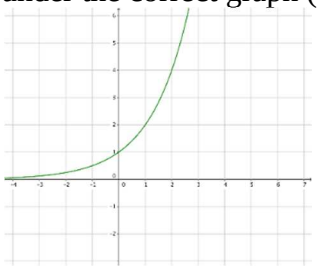
Question 6.

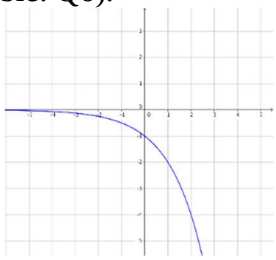
The following figure gives the graphs of the equations:

A. $f(x) = 2^x$
B. $g(x) = 2^{-x}$
C. $h(x) = -2^x$

Write the appropriate equation under the correct graph (Variable: Q6).


a.


b.


c.

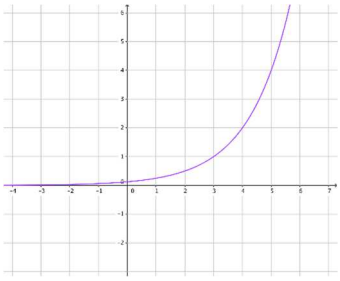
Explain how you worked. (Variable: Q6exp)

Question 7.

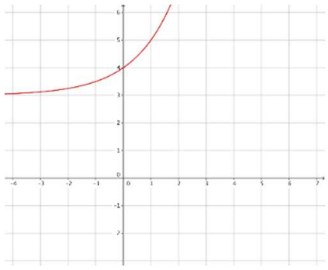
The following figure gives the graphs of the equations:

A. $f(x) = 2^x - 3$
B. $g(x) = 2^x + 3$
C. $h(x) = 2^{x+3}$
D. $j(x) = 2^{x-3}$

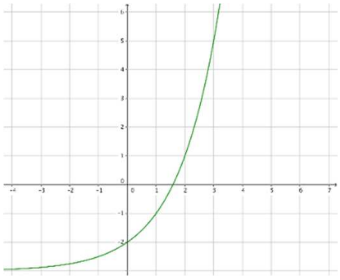
Write the appropriate equation under the correct graph (Variable: Q7).



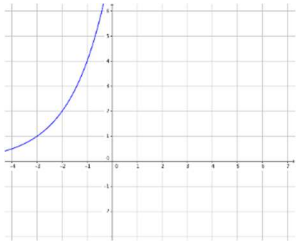
a.



b.



c.



d.

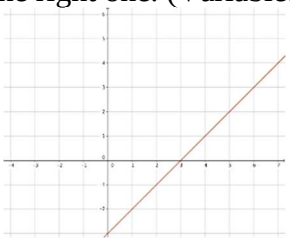
Explain how you worked. (Variable: Q7exp)

Question 8.

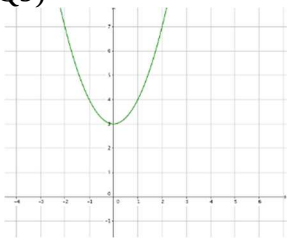
If f (-4) = 2 and f (-4) = 0, check if the relation f can be a function (Variable: Q8).

Question 9.

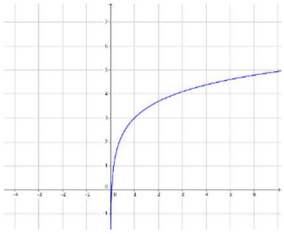
Which of the following graphs could be the graph of the equation f (x) = lnx + 3? Choose the right one. (Variable: Q9)



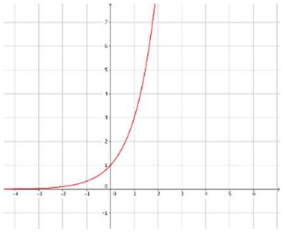
A



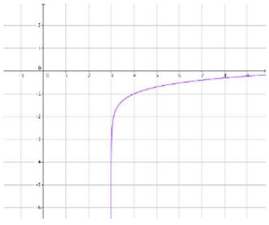
B



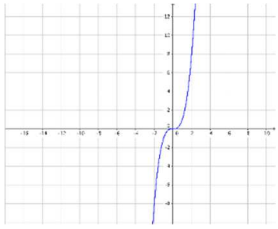
C



D



E



F

Explain the way you worked to solve the task. (Variable: Q9exp)

Question 10.

Calculate the amount accrued by depositing € 1,000 at the end of each year to a bank account, which yields a fixed interest rate of 3% annually, at the end of the 5th year in your account. (Variable: Q10)

Ans. FV(3%,5,-1000) → €5309,14

Appendix 2

Table A. Classifications among the responses of first year students to the test tasks

Classification at level : 1 : (Q2Exp Q7exp) similarity : 0.986936
Classification at level : 2 : ((Q2Exp Q7exp) Q4exp) similarity : 0.967696
Classification at level : 3 : (Q5exp Q9exp) similarity : 0.937153
Classification at level : 4 : (Q7 Q10) similarity : 0.935112
Classification at level : 5 : (((Q2Exp Q7exp) Q4exp) Q8) similarity : 0.907765
Classification at level : 6 : (Q6 Q6exp) similarity : 0.89393
Classification at level : 7 : (Q4 Q9) similarity : 0.854358
Classification at level : 8 : ((((Q2Exp Q7exp) Q4exp) Q8) Q3a) similarity : 0.854216
Classification at level : 9 : (Q2 Q5) similarity : 0.821481
Classification at level : 10 : (((((Q2Exp Q7exp) Q4exp) Q8) Q3a) (Q5exp Q9exp)) similarity : 0.791198
Classification at level : 11 : ((((((Q2Exp Q7exp) Q4exp) Q8) Q3a) (Q5exp Q9exp)) (Q7 Q10)) similarity : 0.715617
Classification at level : 12 : (Q1DEF Q1DEFex) similarity : 0.644116
Classification at level : 13 : ((Q4 Q9) (Q6 Q6exp)) similarity : 0.523665
Classification at level : 14 : ((Q2 Q5) Q3b) similarity : 0.415084
Classification at level : 15 : (((((((Q2Exp Q7exp) Q4exp) Q8) Q3a) (Q5exp Q9exp)) (Q7 Q10)) ((Q4 Q9) (Q6 Q6exp))) similarity : 0.173116
Classification at level : 16 : ((Q1DEF Q1DEFex) ((Q2 Q5) Q3b)) similarity : 0.0789758
The most significant node is at level : 15

Significant nodes
at level: 1
at level: 5
at level: 8
at level: 11
at level: 13
at level: 15

Table B. Classifications among the responses of fourth year students to the test tasks

Classification at level : 1 : (Q2Exp Q9exp) similarity : 0.962012
Classification at level : 2 : (Q5exp Q7exp) similarity : 0.913526
Classification at level : 3 : (Q6exp Q10) similarity : 0.892504
Classification at level : 4 : (Q8 Q9) similarity : 0.838891
Classification at level : 5 : (Q5 Q7) similarity : 0.803098
Classification at level : 6 : ((Q2Exp Q9exp) (Q5exp Q7exp)) similarity : 0.790779
Classification at level : 7 : (Q4exp (Q6exp Q10)) similarity : 0.78414
Classification at level : 8 : (Q2 Q6) similarity : 0.772992
Classification at level : 9 : (Q3a Q4) similarity : 0.750618
Classification at level : 10 : (Q1DEF Q1DEFex) similarity : 0.582639
Classification at level : 11 : ((Q4exp (Q6exp Q10)) (Q8 Q9)) similarity : 0.494054
Classification at level : 12 : (Q3b (Q5 Q7)) similarity : 0.419807
Classification at level : 13 : (((Q2Exp Q9exp) (Q5exp Q7exp)) (Q3a Q4)) similarity : 0.337425
Classification at level : 14 : ((Q2 Q6) (Q3b (Q5 Q7))) similarity : 0.2263
Classification at level : 15 : ((((Q2Exp Q9exp) (Q5exp Q7exp)) (Q3a Q4)) ((Q4exp (Q6exp Q10)) (Q8 Q9))) similarity : 0.163182
Classification at level : 16 : ((Q1DEF Q1DEFex) ((Q2 Q6) (Q3b (Q5 Q7)))) similarity : 0.0192968
The most significant node is at level : 15

Significant nodes
at level: 1
at level: 6
at level: 11
at level: 13
at level: 15

ESTUDO SOBRE AS CONCEPÇÕES DE PROFESSORES DO ENSINO BASICO EM RELAÇÃO A ALEATORIEDADE E PROBABILIDADE.

Marcelo Rivelino RODRIGUES[1]

ÉTUDE SUR LES CONCEPTIONS DES ENSEIGNANTS DU PRIMAIRE EN RELATION AVEC LE CARACTÈRE ALÉATOIRE ET LA PROBABILITÉ

STUDY ON THE CONCEPTIONS OF PRIMARY SCHOOL TEACHERS IN RELATION TO RANDOMNESS AND PROBABILITY

RESUMO

Os conhecimentos probabilísticos mostram-se relevantes na vida em sociedade, pois cada vez mais as tomadas de decisão criteriosas apresentam-se como um dos diferenciais no mercado de trabalho, bem como em nosso dia a dia. Por esta razão, esta pesquisa teve como objetivo analisar as concepções de probabilidade e aleatoriedade de professores que atuam no ensino básico, quando estes se defrontam com questões que envolvem tais temas. Para a coleta de dados, aplicou-se o instrumento de pesquisa "Questionário de Concepções Probabilísticas", a 41 professores do ensino fundamental II (6º ao 9º ano), visando identificar as concepções probabilísticas apresentadas por este grupo. Como metodologia, optou-se pela análise de dados multidimensionais, aplicando-se análise implicativa e coesitiva às respostas dos professores, utilizando *software* de Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesitiva (CHIC), que gerou grafos de coesão e de implicação das relações entre as variáveis observadas. Para fundamentar o estudo, apoiamo-nos nas categorizações de concepções probabilísticas de Azcárate e de Cardeñoso e na definição de letramento probabilístico proposta por Gal. As análises permitiram identificar as concepções probabilísticas que emergiram dos participantes, nas dimensões aleatoriedade e probabilidade. Na dimensão aleatoriedade seis grupos foram identificados: determinista; causalidade; multiplicidade; incerteza; padrão; indefinidos. A dimensão probabilidade compreendeu cinco grupos: causalidade; determinista; incerteza; contingência; personalista. Destaca-se, ainda, que as análises possibilitaram categorizar os níveis de letramento probabilístico.

***Palavras-chave**: Probabilidade. Concepções probabilísticas. Letramento probabilístico. Formação de professores. CHIC*

RÉSUMÉ

Les connaissances probabilistes sont pertinentes dans la vie en société, car de plus en plus de décisions décisives sont présentées comme l'une des différences sur le marché du travail, ainsi que dans notre vie quotidienne. Pour cette raison, cette recherche avait pour objectif d'analyser les conceptions de probabilité et d'aléatoire des enseignants qui travaillent dans l'éducation de base, quand ils sont confrontés à des questions impliquant de telles matières. Pour la collecte des données, l'instrument de recherche "Questionnaire sur les conceptions probabilistes" a été appliqué à 41 enseignants du primaire II (de la 6 e à la 9 e année), afin d'identifier les conceptions probabilistes présentées par ce groupe. En tant que méthodologie, nous avons opté pour l'analyse de données multidimensionnelles, en appliquant une analyse collaborative et implicite aux réponses des enseignants, à l'aide du logiciel de hiérarchie, d'implication et de classification coesitive (CHIC), qui générait des graphiques de cohésion et l'implication des relations entre les variables observées. Pour fonder cette étude, nous

[1] Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil, marcelorrodrigues@yahoo.com.br

soutenons les catégorisations des conceptions probabilistes d'Azcárate et de Cardeñoso et la définition de l'alphabétisation probabiliste proposée par Gal. Les analyses ont permis d'identifier les conceptions probabilistes qui ont émergé des participants, dans les dimensions aléatoires et probabilité. Dans la dimension aléatoire, six groupes ont été identifiés : déterministe ; causalité; multiplicité; incertitude; standard; indéfini La dimension de probabilité comprenait cinq groupes: causalité; déterministe; incertitude; contingence; personnaliste. Il convient également de noter que les analyses ont permis de catégoriser les niveaux probabilistes d'alphabétisation.

Mots-clés: Probabilité. Conceptions probabilistes. Lettres probabilistes. Formation des enseignants. CHIC.

ABSTRACT

Probabilistic knowledge is relevant to life in society, since well-founded decision-making can help provide a competitive edge both in the labor market and daily life. The present study investigated the conceptions of probability and randomness held by basic education teachers when faced with questions that address these topics. Data were collected from 41 sixth- do ninth-grade Brazilian teachers who responded to "Probabilistic Concepts Questionnaire", applied to reveal the conceptions of probability held by the group. The multidimensional data were interpreted by subjecting the teachers' responses to implicative and cohesive analysis, using Hierarchical, Implicative, and Cohesive Classification (CHIC) *software*, which yielded cohesion and implication graphs of the relationships operating among the variables investigated. The categorizations delineated by Azcárate and Cardeñoso for conceptions of probability, as well as the definition of probabilistic literacy formulated by Gal, provided the theoretical framework for the study. The analysis evidenced the probabilistic conceptions held by the participants, in the dimensions of randomness and probability. In the randomness dimension, six groups of conceptions were identified: determinism; causality; multiplicity; uncertainty; standard; undefined. The probability dimension comprised five groups: causality; determinism; uncertainty; contingency; personalist. The investigation shed light on the conceptions of probability held by the participants, allowing probabilistic literacy levels to be categorized.

***Keywords**: Probability. Conceptions of probability. Probabilistic literacy. Professional education of teachers. CHIC software.*

1 Introdução

Entendemos que os conhecimentos probabilísticos se mostram relevantes na vida em sociedade, pois, cada vez mais as tomadas de decisões criteriosas apresentam-se como um dos diferenciais no mercado de trabalho, bem como em nosso dia a dia. A isso, junta-se a habilidade em cálculos probabilísticos que nos permite estimar valores e antecipar resultados, além de se constituir, como suporte para o estudo da inferência estatística. Conforme Azcárate (1996, p. 3, tradução nossa)[2]: "O conhecimento probabilístico pode ser entendido 'como a capacidade de interpretar e manejar a incerteza presente na realidade, e este é um fator-chave na sociedade atual'."[3].Partindo desta ideia, vemos como apropriado que novas pesquisas voltadas ao entendimento e análise das concepções, tanto de alunos como de professores, apresentam-se como necessárias, e é neste cenário que este estudo se posiciona. Com o objetivo de situarmos os leitores em relação aos objetos matemáticos tratados no corpo desta pesquisa, achamos por bem desde já, trazermos o

[2] Todas as traduções de citações em idioma estrangeiro são nossas, exceto menção em contrário.

[3] El pensamiento probabilístico entendido como la capacidade de interpretar y manejar la incertidumbre presente em la realidade, es um fator clave em la sociedade actual.

nosso entendimento sobre o termo aleatoriedade. Entendemos por experiências aleatórias os fenômenos que, quando repetidos inúmeras vezes em processos semelhantes, possuem resultados imprevisíveis, sendo o evento aleatório um resultante dessa experiência. Neste trabalho de pesquisa trataremos concepções do professor de matemática de acordo com a definição apresentada por Thompson (1992), onde a autora as define como "uma estrutura mental mais geral, incluindo crenças, significados, conceitos, proposições, regras, imagens mentais e outras coisas semelhantes" (THOMPSON, 1992, p. 130).

Ponte (1992) entende que:

Em todo o conhecimento, intervêm necessariamente as crenças. Existe um ponto, para além do qual não consegue ir a racionalidade humana, entendida como a capacidade de formular raciocínios lógicos, definir conceitos com precisão e organizar de forma coerente os dados da experiência. Para além da racionalidade entramos no domínio das crenças, que são indispensáveis, pois sem elas o ser humano ficaria virtualmente paralisado, sem ser capaz de determinar cursos de ação (PONTE, 1992, p. 195).

Ainda para esse autor as "crenças" correspondem a "uma parte do conhecimento relativamente pouco elaborada (...) as concepções podem ser vistas neste contexto como pano de fundo organizador dos conceitos. Elas constituem como que miniteorias" (PONTE, 1992, p. 195-196). Também concordamos com Thompson (1997, p. 12) quando afirma que "ainda muito pouco é conhecido sobre o papel que estas concepções podem exercer na formação das características da prática pedagógica dos professores".

Para Azcárate e Cardeñoso:

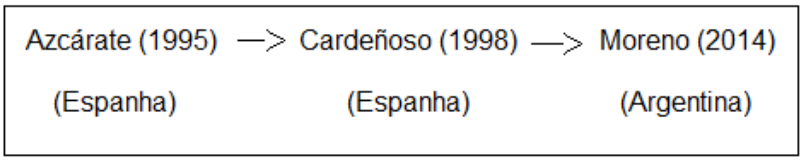
[...] conhecer as concepções dos professores é uma peça-chave para o professor na hora de desenvolver processos de formação. As concepções são as sínteses entre o conhecimento indicado no currículo, o conhecimento ensinado e o conhecimento aprendido; se bem que muitas têm sua origem em etapas prévias na formação do professor, na etapa da escolarização e na experiência pessoal da vida cotidiana (AZCÁRATE; CARDEÑOSO, 2003, p. 3)[4].

Com o objetivo de buscar ainda mais dados que corroborem a relevância da nossa pesquisa, efetuamos leituras de estudos sobre o tema concepções probabilísticas de professores, e é nessa perspectiva que o trabalho apresentado por Azcárate (1995) pode ser assumido como ponto de partida de nosso estudo. Na sequência, iniciamos uma análise de trabalhos, posteriores aos de Azcárate, que pudessem corroborar ou contrapor os resultados apresentados por essa autora. Em seu trabalho, Cardeñoso (1998), adaptou o Questionário de Concepções Probabilísticas elaborado por Azcárate e aplicou-o a um grupo de futuros professores da escola primária espanhola.

A partir das respostas dos participantes de sua pesquisa Cardeñoso pôde caracterizar as concepções probabilísticas desses professores sob duas dimensões: aleatoriedade e probabilidade. Moreno (2014), replicando o questionário elaborado por Cardeñoso, para estudantes de Biologia e Matemática na Argentina obteve resultado semelhante ao de

[4] "[...] conocer las concepciones de los professores es uma pieza clave para el professor a la hora de desarrollar processos de formación. Las concepciones son la sintesis entre el conocimiento indicado em el curriculum, el conocimiento enseñado y el conocimiento aprendido; si bien muchas tienen su origen em etapas previas a la formación de profesor, em la etapa de la escolarización y en la esperiência personal de la vida cotidiana".

Cardeñoso. Observamos assim a evolução dos itens que compõem esse instrumento pelas sucessivas adaptações e aplicações:



Esquema 1: Evolução dos itens do instrumento de pesquisa Fonte: O pesquisador

Vale ressaltar que Azcárate aplicou o questionário para um grupo de 57 futuros professores da Educação Primária, enquanto Cardeñoso aplicou para um grupo de 587 futuros professores deste mesmo nível de ensino. Neste caso, entendemos que o mais viável é a utilização de questões fechadas. Moreno ao replicar o instrumento de pesquisa utilizado por Cardeñoso, adaptando-o às particularidades argentinas, além de validar a estrutura do instrumento, também contribuiu para estabelecer um paralelo entre os resultados obtidos por Cardeñoso na Espanha, com os resultados que essa autora obteve na Argentina. Em nossa pesquisa utilizamos a versão do instrumento de pesquisa apresentado por Cardeñoso. Na primeira parte, formada por 12 questões, foi onde realizamos as maiores adaptações. Esta seção é composta por questões cujo objetivo é o de caracterizar os participantes de nossa pesquisa. Em nossa análise dos dados essas questões são identificadas como variáveis suplementares. A adaptação se fez necessária devido a diferença entre as populações pesquisadas nos quatro trabalhos que compartilham as ideias apresentadas nas duas primeiras versões do questionário em pauta. Em nosso trabalho aplicamos o nosso questionário apresentado por Cardeñoso para professores que atuam no ensino básico. Por esse motivo, diferença dos grupos pesquisados, a adaptação realizada na primeira parte do questionário foi mais ampla. A segunda parte do questionário é formada por 24 questões, identificadas como variáveis principais, nas quais estão contidas as questões sobre aleatoriedade e probabilidade. Em relação a essa parte do instrumento de pesquisas, as adaptações realizadas estão focadas mais nas questões climáticas e sociais que cada um dos países citados apresenta. Para exemplificar trazemos umas das questões desse bloco do questionário que sofreu alguma adaptação nas três pesquisas realizadas após a de Azcárate. O instrumento que utilizamos é, assim, uma replicação da evolução por ele sofrida. A respeito desse tipo de opção de pesquisa, Melhuish e Thanheise afirmam quer:

"[...] podemos perceber a replicação como consistindo em uma estreita metodologia, exigindo que um pesquisador externo replique um estudo prévio com estrita observância."[5] (MELHUISH; THANHEISER, 2018, p. 104) (Grifo nosso).

Entendemos a relevância de estudos de replicação pois apresentam-se como uma parte essencial da pesquisa científica e, portanto, devem ser conduzidos e publicados. Tendo como referência o trabalho realizado por Batanero et al. (2015), debruçamo-nos a identificar outras publicações que também objetivaram analisar as concepções probabilísticas dos professores em formação ou que já atuam no ensino básico. A partir das pesquisas com as quais tivemos contato, entendemos que tanto a formação inicial como a continuada dos professores que atuam no ensino básico, no que tange ao conteúdo probabilidade, carecem de implementos que visem a um ganho de qualidade. Pesquisas

[5] We may perceive replication as consisting of a narrow methodology requiring an external researcher to replicate a prior study with strict adherence.

como Lopes (2003; 2008), Gonçalves (2004), Santos (2005) e Goulart (2007) apontam que professores deste nível de ensino apresentaram grandes dificuldades no tratamento do tema e, por conseguinte, por vezes, julgam inapropriado o ensino desse conceito para seus alunos. Entendemos que a probabilidade oferece um tipo de pensamento que favorece a reflexão sobre a realidade e, desta forma, passa a ser uma ferramenta para a modelização dessa mesma realidade nos métodos da estatística inferencial. Com estes argumentos, buscamos trazer à tona a importância de que pesquisas voltadas para o tema ensino e aprendizagem de probabilidade tornarem-se imprescindíveis. Com isso, poder colaborar com os estudos que apresentem caminhos para a ampliação da qualificação dos cursos de formação inicial, bem como os de formação continuada dos professores que atuam nesse nível de ensino, tornar-se a força motriz para a realização desta pesquisa. Definimos como questão de pesquisa: Quais concepções sobre aleatoriedade e probabilidade emergem de um grupo de professores que atua no ensino básico, em situação de resolução de problemas? A partir desta questão, elaboramos as seguintes questões secundárias:

- Quais argumentos os professores utilizam para o reconhecimento dos fenômenos aleatórios?
- Quais argumentos os professores usam para comparar a estimação sobre a ocorrência de um evento incerto imerso em dois fenômenos diferentes?
- Quais argumentos são usados por esses professores para atribuir um valor à probabilidade de ocorrência de um evento resultante de uma experiência aleatória?

Buscamos identificar quais concepções sobre probabilidade e aleatoriedade emergem dos professores pesquisados, e faremos isto sob três aspectos básicos do conhecimento probabilístico: a noção de aleatoriedade; a percepção das manifestações probabilísticas e os critérios de quantificação de probabilidade. À medida que realizarmos esta análise, buscamos identificar os seguintes pontos que compõem os objetivos específicos :

- Objetivo 1. Analisar critérios usados pelos professores pesquisados para discriminar a natureza aleatória dos fenômenos de incerteza;
- Objetivo 2. Investigar estratégias utilizadas em relação à comparação sobre a incerteza;
- Objetivo 3. Identificar critérios empregados para justificar suas declarações relativas à estimativa de probabilidade.

2 Procedimentos metodológicos

Nos procedimentos metodológicos optamos pela análise de dados multidimensionais, aplicando-se análise implicativa e coesitiva às respostas dos professores, utilizando o *software* de Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesitiva (CHIC), que gerou grafos de coesão e de implicação das relações entre as variáveis identificadas no instrumento de coleta de dados.

No intuito de examinar quais concepções em relação à probabilidade e também à aleatoriedade os professores participantes de nossa pesquisa mobilizam, aplicamos o "Questionário de Concepções Probabilísticas" (QCP), elaborado por Cardeñoso, para um grupo de 184 professores dos três níveis de ensino (fundamental I, fundamental II e

médio) que compõem as etapas do ensino básico. A coleta dos dados ocorreu no decorrer dos meses de agosto, setembro e outubro de 2015, durante a formação "Diálogos interdisciplinares a caminho da autoria".

Na fase de elaboração/adaptação do instrumento de coleta de dados, como também nas fases de tratamento e análise dos dados obtidos, estivemos sempre pautados na definição de "contexto" apresentada por Azcárate (1995) e defendida por Cardeñoso (1998). Em nosso estudo, utilizamos o termo "contexto" como o ambiente físico ou situacional (conjunto de circunstâncias), a partir do qual se considera um fato. Neste sentido, trazemos como exemplo uma situação de análise de informações no "contexto de jogos", ou seja, a ideia central da situação apresentada está centrada nos ambientes de jogos.

Para Azcárate; Cardeñoso e Porlán (1998), o contexto mantém uma significativa influência nas argumentações dos sujeitos. De acordo com estes autores:

O próprio contexto no qual está imersa a situação, a experiência sobre ese contexto e o significado que esta situação particular tem para eles, determinam os julgamentos ou decisões dos sujeitos pelo qual pensamos que a justificação individual, pode nos fornecer informações mais precisas sobre o seus argumentos de discriminação do que estabelece um critério geral de aleatoriedade, aplicável nas distintas situações (AZCÁRATE; CARDEÑOSO; PORLÁN, 1998, p. 90)[6].

No Questionário de Concepções Probabilísticas, que utilizamos em nossa pesquisa, as questões são apresentadas em três contextos: jogos, cotidiano e físico/natural. A análise foi possibilitada pelo *software* CHIC (Classificação Hierárquica, Implicativa e Coesitiva). Este programa foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa liderado por Régis Gras e, como característica, permite revelar o processo dos comportamentos dos sujeitos a partir da elaboração de árvores coesitivas, implicativos e de similaridade, possibilitando-nos analisar e classificar os dados de forma multidimensional. Para Almouloud, o *software* CHIC permite:

Tratar diferentes tipos de variáveis (binárias, modais, frequências, intervalares); quantificar a significação dos valores atribuídos à qualidade, consistência da regra associada, classes ordenadas de regras, a tipicalidades e contribuição de sujeitos ou categorias de sujeitos à constituição destas regras; representar, por um gráfico, tendo fixado um nível de confiança, um caminho de regras ou uma hierarquia de regras sobre regras; suprimir, acrescentar variáveis, conforme a necessidade da pesquisa (ALMOULOUD, 2015, p. 56).

O *software* CHIC permite a visualização de semelhanças entre as classes de variáveis mapeadas. Essas variáveis são identificadas como principais e secundárias ou suplementares. As variáveis principais são aquelas que o *software* CHIC irá considerar na construção das classes.

"Qualificamos uma variável de principal quando for necessária, normalmente pelo CHIC, para a construção das classes. Como padrão para o *software* todas as variáveis são principais. (ALMOULOUD, 2015, p. 44). "

[6] El proprio contexto en que está inmersa la situación, la experiencia sobre dicho contexto y el sentido que tiene esa situación concreta para ellos determinan los juicios o decisiones del sujeto, por la cual pensamos que la justificación individual nos puede aportar una información más precisa sobre sus argumentos de discriminación que establecer un criterio general de Aleatoriedad aplicable a las distintas situaciones.

Em relação as variáveis suplementares o autor afirma que:

As variáveis suplementares (em geral são as descritivas, de identificação), não interferem no cálculo das contribuições das categorias. Por exemplo, se desejamos saber se uma implicação é, na maior parte, formada por pessoas do sexo feminino ou masculino, definimos para cada indivíduo a variável "sexo". Em seguida, estas variáveis são consideradas apenas quando se procura a contribuição ou a tipicidade das categorias. Para definir uma variável secundária ou suplementar, acrescentamos ao nome da variável um espaço e a letra "s" minúscula. (ALMOULOUD, 2015, p. 44).

Como exemplo de uma variável secundária, podemos identificar o atributo ensino fundamental II da seguinte forma: EFII s como variável suplementar. A partir do cruzamento das variáveis identificadas, poderemos apontar determinados comportamentos que serão analisados, objetivando a categorização em relação aos referenciais constituídos: Azcárate (1995), Cardeñoso (1998) e Gal (2005). Desta forma, buscaremos produzir agrupamentos que serão analisados a partir da intensidade das relações estabelecidas, possibilitando, desta forma, a elaboração da categorização das concepções sobre aleatoriedade e probabilidade do grupo de professores pesquisados.

O *software* CHIC tem por funções essenciais, conforme Almouloud:

Extrair de um conjunto de dados, cruzando sujeitos e variáveis (ou atributos), regras de associação entre variáveis, fornece um índice de qualidade de associação e de representar uma estruturação por meio destas regras. Ele já se configura, por intermédio de métodos estatísticos nele implementados, como um instrumento importante para a pesquisa em diversos campos, mais especificamente em educação matemática, assim como para a formação (ALMOULOUD, 2015, p. 76).

A partir de suas especificidades, este *software* possibilita a definição de classes de sujeitos e, desta forma, permite que conjecturas relacionadas às concepções probabilísticas dos professores participantes de nossa pesquisa possam ser definidas. A escolha das classes (agrupamentos) a serem analisados será feita a partir da observação dos nós significativos, que são ligações entre variáveis destacadas como de maior coesão ou coerência. O cálculo para determinação desses nós é feito em função das probabilidades associadas (entre outras, os índices de coesão), tal como nos esclarece Gras e Régnier (2017).

3 Revisão bibliográfica

Iniciamos nossas leituras a partir do trabalho de Azcárate (1995), cujo objetivo foi identificar quais concepções probabilísticas imergiam de um grupo de 57 futuros professores da escola primária. A autora aplicou um questionário com questões abertas. Os resultados alcançados permitiram a construção de uma categorização de concepções probabilísticas. Tal categorização foi usada em nosso trabalho, pois, foi a partir dessa leitura que definimos o caminho a ser percorrido em nossa investigação.

Na sequência, realizamos a leitura do trabalho de Cardeñoso (1998) que um questionário com questões fechadas, adaptado do questionário de concepções probabilísticas elaborado por Azcárate e o aplicou a 587 participantes de cursos de formação de professores da Educação Primária, de modo a identificar suas concepções. Desta análise, emergiram duas dimensões para essas concepções: aleatoriedade e probabilidade.

Em nosso estudo, além de utilizar a categorização elaborada por Cardeñoso (1998), adaptamos e aplicamos o questionário desenvolvido por esse autor. A adaptação foi necessária em razão das diferenças climáticas entre a Espanha, local da aplicação do questionário por Cardeñoso e o Brasil por seu clima tropical.

Uma terceira leitura realizada foi o trabalho publicado por Gal (2005), no qual o autor apresenta uma definição de letramento probabilístico. Em nosso estudo, apoiamo-nos na definição apresentada pelo autor para analisar quais concepções apresentariam os professores participantes de nossa pesquisa.

Na sequência, realizamos a leitura do artigo apresentado por Batanero et al. (2015), com o tema sobre o conhecimento matemático comum e especializado e o conhecimento do conteúdo dos alunos sobre a probabilidade elementar em um grupo de 157 futuros professores da escola primária. Neste trabalho, os autores apresentam o estado da arte de pesquisas que analisaram as concepções de professores e também de futuros professores em relação à probabilidade.

Para nossa pesquisa, apresentamos um resumo dos resultados observados por Batanero et al. (2015), com o objetivo de sintetizar as pesquisas realizadas internacionalmente sobre o tema concepções probabilísticas de professores e futuros professores do ensino básico. Segue a lista com os devidos resumos:

Em nossa busca, encontramos o trabalho de Santos (2015), que realizou uma pesquisa sobre o estado da arte em relação às teses e dissertações realizadas no Brasil em educação de estatística, probabilidade e combinatória, realizadas até 2012. O autor destaca que:

Essas teses e dissertações visaram, em geral, o estudo e análise dessas variáveis, quando mobilizadas por alunos e/ou professores em diversos níveis de ensino, no contexto do ensino-aprendizagem dos conteúdos estatística, probabilidade e combinatória (SANTOS, 2015, p. 190).

Em seu trabalho, Santos (2015) apresentou um quadro que sintetiza o levantamento realizado. Nos dados apresentados no Quadro 8, observamos que no período envolvido pelo estudo do autor e, considerando as três áreas de estudo (estatística, probabilidade e contagem), temos apenas 17 pesquisas relacionadas à temática das concepções, competências, percepções e representações.

Em nossa pesquisa, usamos os resultados apresentados por Santos (2015), entre os quais o autor apresenta um pequeno número de pesquisas relacionadas com o tema concepções de professores em relação à probabilidade, para justificarmos a relevância da realização de pesquisas voltadas a esse tema.

Para Thompson (1997, p. 12) “As concepções dos professores (suas crenças visões e preferências) sobre o conteúdo e seu ensino desempenham um papel importante no que se refere à sua eficiência como mediadores primários entre o conteúdo e os alunos”.

Para esta autora, os professores desenvolvem padrões de comportamento característicos de sua prática pedagógica:

Em alguns casos, estes padrões podem ser manifestações de noções, crenças e preferências, conscientemente sustentadas, que agem como ‘forças motrizes’ na formação do seu comportamento. Em outros casos, as forças motrizes podem ser crenças ou intuições, inconscientemente sustentadas, que podem ter evoluído fora da experiência do professor (THOMPSON, 1997, p. 12).

Entendemos que as práticas sociais, nesse caso, incluímos a prática docente, que em muito se pautam em crenças e ciências que influenciam no processo de ensino e aprendizagem, devam ser objetos de pesquisas.

Entre outras pesquisas nacionais, destacamos os trabalhos apresentados por Coutinho (1994; 2001), nos quais a autora aponta a importância de uma abordagem do conceito de probabilidade também por meio do enfoque frequentista. Em nossa pesquisa, utilizamos este apontamento apresentado pela autora na análise dos livros didáticos, bem como das concepções que emergiram dos professores participantes de nossa pesquisa.

Na pesquisa apresentada por Rodrigues (2007), observamos que as ideias trazidas nos estudos de Coutinho (1994; 2001) confirmaram-se, pois, o autor em seus resultados apontou a construção das ideias de probabilidade por parte dos alunos pesquisados, quando estas foram apresentadas simultaneamente pelos enfoques clássico e frequentista. Estes resultados possibilitaram uma análise mais criteriosa das concepções apresentadas pelos participantes de nossa pesquisa.

Carbelim (2015), em seu trabalho de mestrado, buscou relacionar os invariantes operatórios mobilizados pelos alunos em situação de resolução de problemas com os elementos do letramento probabilístico. Para nossa pesquisa, o trabalho desta autora colaborou para que pudéssemos identificar as ideias sobre o letramento probabilístico apresentado por Gal (2005) nos participantes de nosso estudo, quando estes responderam a um questionário de concepções probabilísticas.

Em seu trabalho, Gonçalves (2004) cujo objetivo era identificar as concepções probabilísticas de professores com formação acadêmica nas décadas de 1970, 1980 e 1990, buscando verificar se existe uma relação entre as concepções desses professores com a época de suas formações, pela comparação da análise de livros didáticos das respectivas épocas com o resultado do instrumento diagnóstico aplicado em um grupo de 20 professores.

Em seus resultados, Gonçalves (2004) observou que a prática docente influencia na mudança de concepções, uma vez que professores com formação na mesma época, mas, que atuam em séries ou níveis distintos de ensino, possuem concepções diferentes. Estes resultados mostram-se pertinentes, pois, no grupo de participantes de nossa pesquisa encontramos professores nas mesmas situações descritas por Gonçalves, e o fato permitiu uma análise mais abrangente dos dados coletados.

Outro trabalho estudado foi o de Santos (2005), no qual o autor analisou o processo de incorporação de temas ligados à combinatória, probabilidade e estatística na educação básica, por meio de entrevistas e observações de quatro professores que participavam de um curso de formação continuada. O autor pôde identificar uma certa resistência por parte desses professores ao tratar esses temas em turmas de ensino fundamental e médio por considerá-los complexos para esses níveis de ensino. O fato desses professores entenderem que os referidos temas não devem ser tratados nesses níveis de ensino, pode estar relacionado à falta de domínio deles sobre tais temas, este ponto foi observado em nossa pesquisa.

Em seu trabalho, Souza (2016) analisou a implementação do PIBIB (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência). O autor utilizou como metodologia a análise documental e a análise de dados multidimensional por meio do *software* CHIC, a leitura deste trabalho trouxe uma ampliação de nossa compreensão a respeito das análises implicativas e coesitivas.

4 Fundamentação teórica

Em seu trabalho, Azcárate (1995) detectou nove tipos de concepções: indefinido, determinista, causalidade, padrão, incerteza, não probabilística, intuitiva, emergente e normativa. Destes nove tipos, os cinco primeiros referem-se ao reconhecimento de eventos aleatórios e os quatro últimos, à estimação de probabilidade. Em nossa pesquisa, também fazemos uso da categorização das concepções probabilísticas apresentadas por Cardeñoso (1998). O autor desenvolveu um instrumento de coleta de dados, baseado na pesquisa desenvolvida por Azcárate. Em seu trabalho, Cardeñoso, assim como havia feito Azcárate, também analisou as concepções probabilísticas de futuros professores da escola primária, pelas dimensões aleatoriedade e probabilidade. O autor identificou dez tipos de concepções, no quais cinco são atribuídos ao reconhecimento de eventos aleatórios: determinista, multiplicidade, causalidade, subjetiva e incerteza. Outros cinco à estimação de probabilidade: determinista, contingência, causalidade, personalista e incerteza. Por fim, utilizamos a definição de letramento probabilístico apresentada por Gal (2005), na qual o autor descreve cinco blocos de conhecimentos: grandes ideias, cálculos de probabilidades, idioma, contexto e perguntas críticas. O primeiro foca na abordagem das grandes ideias, a saber: variação, aleatoriedade, independência e previsão/incerteza. O segundo aborda os cálculos de probabilidades de eventos aleatórios. O terceiro bloco abrange o idioma que diz respeito ao entendimento dos termos e à familiaridade com vários conceitos, como chance e risco. No quarto bloco, é abordado o contexto dos eventos probabilísticos e sua relação com nosso dia a dia. No último bloco, o autor traz o tema das perguntas críticas além da postura também crítica que os alunos devem possuir. O autor entende que uma pessoa, letrada probabilisticamente, deve dominar e transitar, sem embaraços, entre estes cinco blocos. Além disso, esse indivíduo deve manifestar um conjunto de atitudes específicas. Ressaltamos que, conforme Gal, todos os elementos que compõem os referidos blocos, deverão interagir uns com os outros, com o propósito de emergir os aspectos do letramento probabilístico, pois, para o autor, a instrução em apenas um ou dois dos elementos não será suficiente para tal desenvolvimento.

5 Análise dos dados

Para esse artigo decidimos apresentar apenas uma parte da análise dos dados realizada, uma vez que, estamos limitados pelo número de laudas exidas.

5.1 Dimensão aleatoriedade

Ressaltamos que entendemos por experiências aleatórias os fenômenos que, quando repetidos inúmeras vezes em processos semelhantes, possuem resultados imprevisíveis, sendo o evento aleatório um resultante dessa experiência.

5.1.1 Análise coesitiva

Segundo Almouloud:

Uma hierarquia ascendente ou árvore coesitiva traduz graficamente o encaixamento sucessivo das classes constituídas segundo critério de coesão que é decrescente segundo os níveis (no sentido contrário da formação das classes que não têm sentido implicativo, o que não se produz nas hierarquias clássicas (ALMOULOUD, 2015, p. 39).

A análise coesitiva estabelece agrupamentos formados a partir de índices probabilísticos de coesão, representados por meio de um dendrograma no qual a representação **A → B** significa que "se a variável **A** é observada, então, provavelmente, a variável **B** será observada", com probabilidade **p** de ocorrência dessa metarregra.
[...] a análise hierárquica permite constituir, por meio de um critério, partições cada vez mais finas sobre um conjunto de variáveis estatísticas. Tais partições são construídas de modo ascendente em uma árvore, permitindo estudar e interpretar, em termos de tipologia e semelhança (dessemelhança), classes de variáveis. Na análise implicativa dos dados, chega-se a estruturas implicativas no sentido de que uma atitude a tem como consequência, ou não, uma atitude b (a→b) (ALMOULOUD, 2005, p. 3).

Um nó significativo é quando existe entre as variáveis (as categorias) um indicativo de coerência entre as relações de determinada classe (ponto de máximo local da função que modeliza as coesões identificadas na classe), ou seja, observada a variável A muito, provavelmente, também será observada a variável B. Quanto mais próximo da raiz dessa árvore a seta que indica a relação "se a então provavelmente b", maior será o índice de coesão estabelecido.

Na sequência, trazemos o grafo da árvore coesitiva da dimensão probabilidade, no qual destacaremos as classes A, B, C, D, E, F e G.

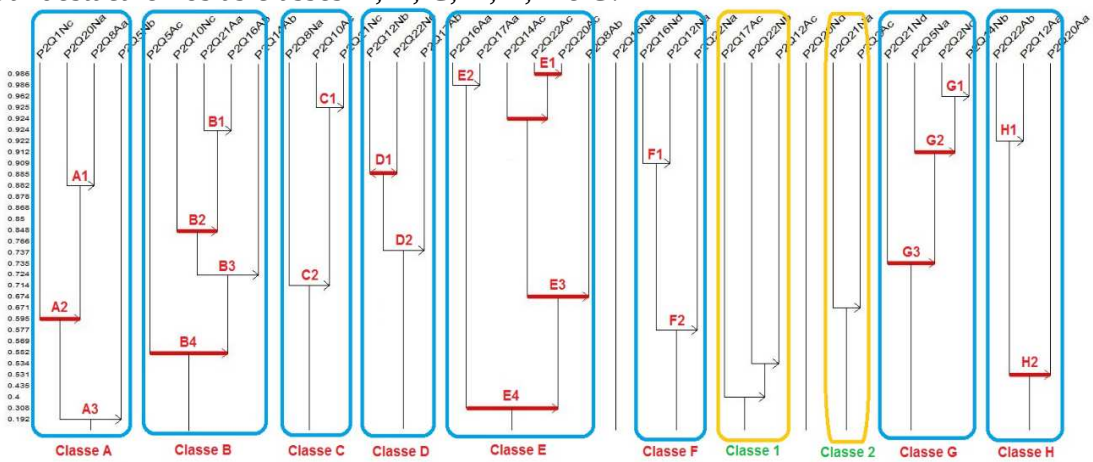


Figura 1: Árvore coesitiva – dimensão aleatoriedade Fonte: Dados da pesquisa

O critério para as escolhas das classes se deu pelo coeficiente de coesão, ou seja, em uma ordem decrescente de relações, as classes foram formadas pelas relações como índices iguais ou maiores do que 0,7. Assim sendo, ficaram de fora das nossas análises as Classes "1" e "2", pois as mesmas iniciam suas coesões com índices abaixo de 0,7. Apresentamos alguns esclarecimentos que julgamos pertinentes para a continuidade das nossas análises. O ponto a ser destacado diz respeito aos casos nos quais a classe formada apresenta mais de um tipo de argumentação por parte do grupo de professores que a compõe. Quando ocorrer o reconhecimento de eventos aleatórios identificaremos a classe, relacionando-a à argumentação que aparece de forma mais significativa.

- Não reconhecimento da aleatoriedade

Apresentamos em conjunto as classes A, D, F e G, formadas por indivíduos que não reconhecem os eventos como aleatórios e que, na nossa análise, constituem o grupo de professores que apresentam a mais baixa compreensão da ideia de aleatoriedade.Azcárate (1995) classificou estre grupo como indefinidos, pois reconhecem a aleatoriedade com dificuldade e não apresentam explicações para os critérios utilizados na construção de suas respostas. As informações coletadas com o questionário não permitem caracterizar

o tipo de pensamento sobre aleatoriedade, uma vez que os mesmos não reconhecem os eventos apresentados como aleatórios. De acordo com Gal (2005), para um indivíduo ser considerado letrado probabilísticamente, entre outros pontos, deve apresentar uma familiaridade com termos inerentes à probabilidade, como por exemplo a aleatoriedade.

- Reconhecimento da aleatoriedade

Passamos à análise de uma das classes nos quais ocorreu, por parte dos professores pesquisados, o reconhecimento dos eventos como aleatórios. Para a classe selecionada apresentaremos a sua subclasse representativa, as quais se comportam como síntese da classe em si. Essas subclasses são as que apresentaram o maior índice de coesão dentre as formadas dentro do agrupamento.

Análise da Classe B

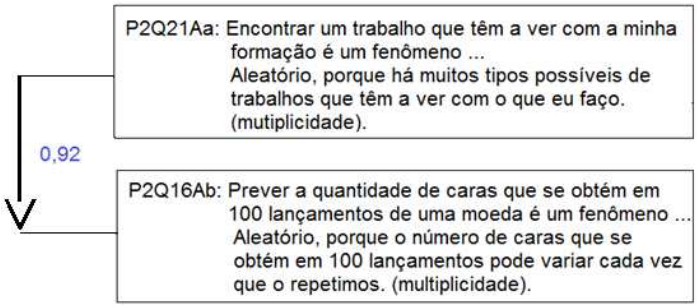


Figura 2: Subclasse B1 – multiplicidade Fonte: Dados da pesquisa

A Subclasse "B1", formada pelos itens identificados P2Q21Aa e P2Q16Ab, tem variável típica P1Q12b com um risco de 0.0493. Esta variável identifica os professores que não cursaram e/ou não cursam alguma pós-graduação. Esses professores reconhecem eventos aleatórios inseridos nos contextos do cotidiano e de jogos. Justificam seus argumentos pautados na multiplicidade, ou seja, para esse grupo de respondentes, as múltiplas possibilidades para o evento determinam as suas escolhas. Passamos a análise da Classe "B".

Variável	Contexto	Argumentação
P2Q5Ac	Físico/Natural	Multiplicidade
P2Q10Nc	Jogo	Causalidade (NA)
P2Q21Aa	Cotidiano	Multiplicidade
P2Q16Ab	Jogo	Multiplicidade
P2Q14Ab	Físico/Natural	Causalidade

Quadro 1: Classe B – aleatoriedade / multiplicidade Fonte: Dados da pesquisa

A Classe "B" é formada por indivíduos que utilizaram nas suas argumentações para o reconhecimento dos eventos como aleatórios, justificativas pautadas nas múltiplas possibilidades de ocorrência do evento ou nas diversas causas que podem interferir no mesmo.Muito embora a variável destacada no quadro indicar o não reconhecimento de um evento inserido no contexto de jogos, este fato não interfere de forma significativa na análise da classe, uma vez que esses professores, de acordo com Azcárate (1995) e também de Cardeñoso (1998), por utilizarem como justificativa de suas argumentações ora as múltiplas possibilidades de ocorrência do evento, ora as causas que o originam, se mostra como um fator delimitador no entendimento em relação a aleatoriedade. A variável típica dessa classe é P1Q12b com um risco de: 0.06358. Essa variável identifica professores que não possuem nenhum curso de pós-graduação.

Outras variáveis que apresentam baixo risco são:

- P1Q2b com um risco de 0.132, possuem idade acima de 40 anos;
- P1Q4a com um risco de 0.163, concluíram sua graduação até o ano de 1999;
- P1Q6b com um risco de 0.28, atuam no magistério a mais de 10 anos.

Esses professores reconhecem eventos aleatórios inseridos nos contextos do cotidiano e de jogos. Justificam seus argumentos pautados na multiplicidade, ou seja, para esse grupo de respondentes, as múltiplas possibilidades para o evento determinam as suas escolhas. Identificamos esse grupo "multiplicidade", pois argumentam, na maioria das ocasiões a partir das múltiplas possibilidades de ocorrência do evento.

Por outro lado, temos o grupo de respondentes que não reconhecem os eventos apresentados como aleatórios. As justificativas para o não reconhecimento por parte desses professores podem estar relacionadas com os resultados de pesquisas, como Gonçalves (2004) que, em suas conclusões, aponta que as concepções dos professores mudam, conforme a prática docente e, como pudemos observar, o tema probabilidade é tratado muito superficialmente nos livros didáticos. De acordo com Lajolo (1996), muitos professores têm no livro didático o currículo real. Diante destas constatações, entendemos que esses professores podem ser identificados em quatro grupos, conforme suas concepções sobre aleatoriedade: multiplicidade, deterministas, incerteza e causalidade.

5.1.2 Análise estatística implicativa

Em termos gerais, a análise implicativa trata de procurar um modelo estatístico de uma quase implicação do tipo: "Se **a** então provavelmente quase **b**". Conforme Almouloud:

O estudo continua sendo feito sobre o cruzamento de um conjunto de variáveis V e um conjunto de sujeitos E. No caso prototípico das variáveis binárias, queremos das um sentido estatístico a expressões como: "quando se observa sobre um sujeito E a variável **a**, em geral observa-se a variável **b**". Trata-se então de procurar um modelo estatístico de uma quase implicação do tipo: " se **a** então quase **b**", a implicação lógica estrita sendo raramente satisfeita. Em situações naturais, humanas ou ciências da vida, **a implica b** (no sentido matemático) é estabelecida em casos excepcionais. É importante para o pesquisador e usuário "explorar os dados" para destacar regras consistentes (tipo de "teoremas parciais") para conjeturar em gênese, descrever (relações, concepções, ...), estruturar a população e fazer uma hipótese sobre uma possível estabilidade de relações. Mas, esta exploração exige a elaboração (ou uso) de métodos para livrar o pesquisador do EMPIRISMO e do "ACHISMO" (ALMOULOUD, 2015, p. 47).

O *software* de Classificação Hierárquica Implicativa e Coesitiva (CHIC) permite analisar por meio de grafos que indiquem a probabilidade de determinadas relações ocorrerem além de nos apresentar os riscos das tipicalidades de diversos cruzamentos dos dados coletados, para que possamos determinar com uma margem aceitável a existência ou não de uma relação entre os dados coletados. A Figura 3 apresenta o grafo implicativo, no qual se destacam as implicações definidas pelas cores das setas que estão relacionadas com os índices determinados durante o processo de submissão dos dados coletados no *software* CHIC, com o intuito de obter os grafos de implicação. Observa-se que:

- Setas vermelhas – implicação de 0,95;
- Setas azuis – implicação de 0,92;
- Setas verdes – implicação de 0,89 e
- Setas cinzas – implicação de 0,86.

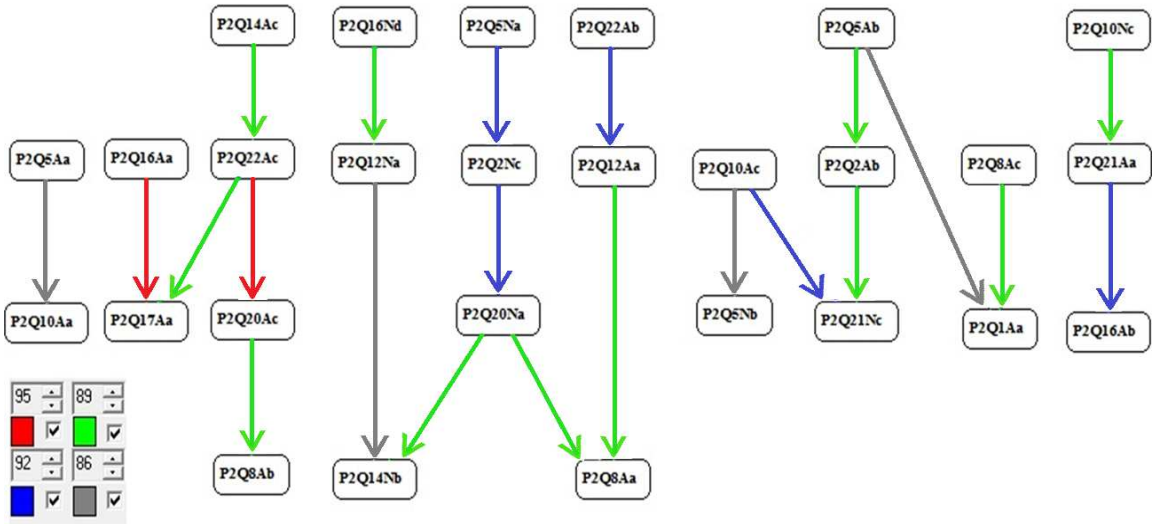


Figura 3 : Grafo implicativo – dimensão aleatoriedade Fonte: Dados da pesquisa

Dentre os conjuntos de implicações construídos pelo CHIC, foi caracterizado um conjunto formado por professores que não reconhecem os eventos apresentados como aleatórios. Azcárate (1995) identificou este grupo como indefinidos, pois os professores pertencentes ele, por não reconhecerem os eventos como aleatórios, não possibilita uma categorização em relação as concepções sobre aleatoriedade.

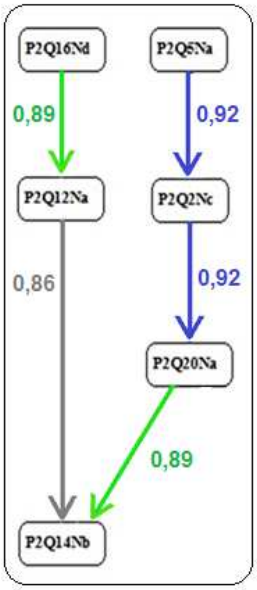


Figura 4: Implicação – Não reconhecimento da aleatoriedade Fonte: Dados da pesquisa

Na sequência passamos a analisamos um dos grupos construídos por meio das implicações possibilitadas pelo CHIC, que apresentam argumentações para o reconhecimento de eventos aleatórios.

- **Grupo padrão**

A característica principal dos sujeitos pertencentes a este grupo é que suas explicações se modificam claramente em função do contexto. Reconhecem a aleatoriedade em um percentual alto, mas justificam com diferentes argumentações.

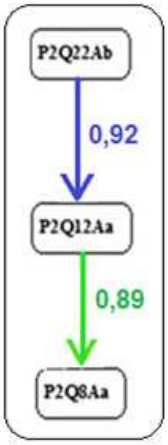


Figura 5: Implicação – padrão Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 5, na qual os índices adotados estão em torno de 0,92 na cor azul e de 0,89 na verde, ou seja, a probabilidade de que observando P2Q22Ab, então, provavelmente, teremos P2Q12Aa com um índice implicativo igual a 0,92 de ocorrência dessa situação. Consequentemente, ocorrendo a situação descrita, então, provavelmente, observamos também P2Q8Aa com um índice implicativo igual a 0,89 para sua ocorrência.

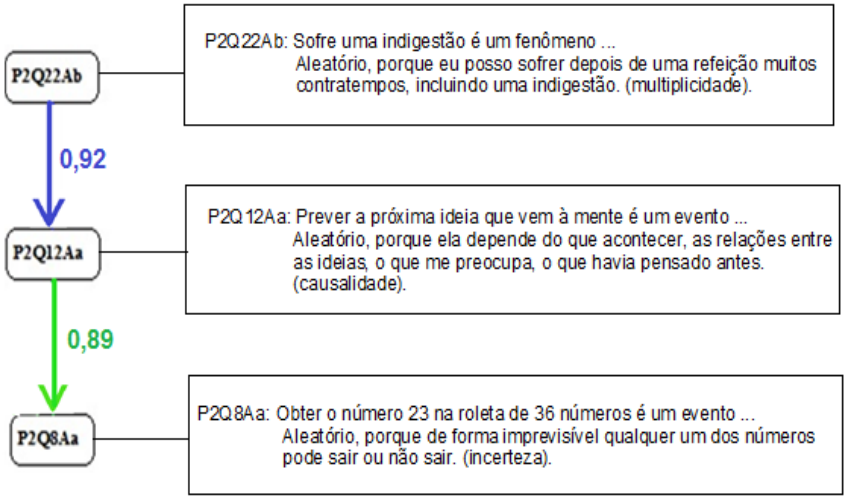


Figura 6: Grafo implicativo 1 – grupo padrão Fonte: Dados da pesquisa

Segundo Azcárate este grupo de professores denominado padrão, possuem um nível aceitável de reconhecimento da aleatoriedade dos eventos descritos. Muito embora, de acordo com a autora, tende a mudar com frequência as suas argumentações de acordo com o contexto ao qual o evento está inserido. Para Gal (2005), reconhecer a aleatoriedade dos eventos em variados contextos indica, entre fatores de importância equivalente, um indivíduo letrado probabilisticamente. Apresentamos no Quadro 2 as concepções em relação a aleatoriedade identificadas no grupo de professores pesquisados.

Árvore coesitiva	Grafo implicativo
Causalidade	Causalidade
Deterministas	Deterministas
Incerteza	Incerteza
Multiplicidade	Não foram observados.
Não foram observados.	Padrão
Indefinido	Indefinido

Quadro 2: Árvore coesitiva e grafo implicativo da dimensão aleatoriedade Fonte: O pesquisador

5.2 Dimensão probabilidade

Semelhante à análise empreendida nas questões relacionadas à dimensão aleatoriedade, neste capítulo realizamos também a Análise Estatística Implicativa (ASI), na dimensão probabilidade, possibilitada pelo *software* CHIC à luz das ideias das concepções probabilísticas propostas por Azcárate (1995) e Cardeñoso (1998) e da definição de letramento probabilístico apresentada por Gal (2005), com o intuito de identificar elementos do letramento probabilístico a partir da categorização dessas concepções. Passamos a apresentar os gráficos construídos a partir dos dados referentes à estimativa das probabilidades dos eventos. Em conjunto, destacaremos as influências que os contextos abordados nas questões têm sobre as estimativas apresentadas pelos professores pesquisados. Outro ponto a que faremos destaque diz respeito aos critérios das argumentações utilizadas por esses professores.

5.2.1 Análise coesitiva

A seguir apresentamos a árvore coesitiva, possibilitada pelo CHIC, em relação à dimensão probabilidade. Na sequência realizamos a análise dos grupos identificados.

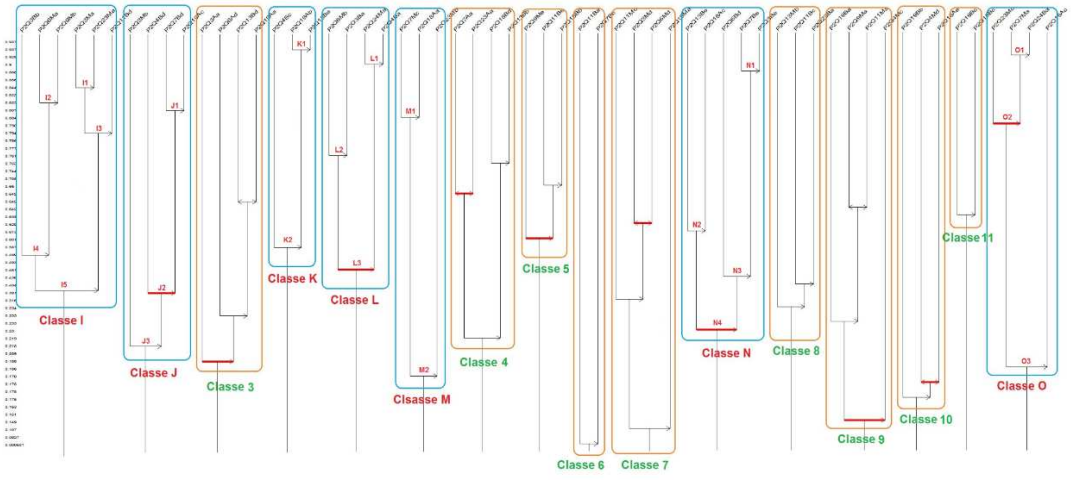


Figura 7: Árvore coesitiva – dimensão probabilidade Fonte: Dados da pesquisa

Semelhante ao critério adotado na dimensão aleatoriedade para as escolhas das classes, também definimos um ponto nos coeficientes de coesão, a fim de delimitar as classes formadas na dimensão probabilidade. Em decorrência do elevado número de classes proporcionadas pelo CHIC, aumentamos o nível do índice de coesão, passamos do índice 0.7, utilizado na dimensão aleatoriedade, para o índice 0.8 na dimensão

probabilidade. A justificativa para esta escolha está pautada na qualificação das classes, pois, quanto maior for o índice de coesão, maior será a probabilidade de ocorrência da mesma. De acordo com o índice adotado na análise da dimensão probabilidade, um conjunto de agrupamentos formadas pelo CHIC não serão analisadas nesta pesquisa. As classes enumeradas de 3 a 11 se enquadram neste conjunto. Em relação às classes que apresentarem mais de um tipo de argumentação, adotaremos o mesmo critério utilizado na dimensão aleatoriedade. Quando ocorrer mais que um modelo de argumentações para a estimativa de probabilidades nos eventos apresentados no instrumento de pesquisa, o critério de escolha será a argumentação que mais aparecer no evento analisado. Em caso de igualdade nas argumentações, identificaremos a classe pela argumentação inserida no contexto de jogos.

Estimativa de probabilidade

Semelhante ao que foi adotado para a dimensão aleatoriedade, aqui também apresentaremos para a classe selecionada a sua subclasse representativa, as quais se comportam como síntese da classe em si. O critério a ser utilizado é o mesmo utilizado na análise da dimensão aleatoriedade, ou seja, analisaremos as subclasses como maior índice de coesão.

Análise da Classe I

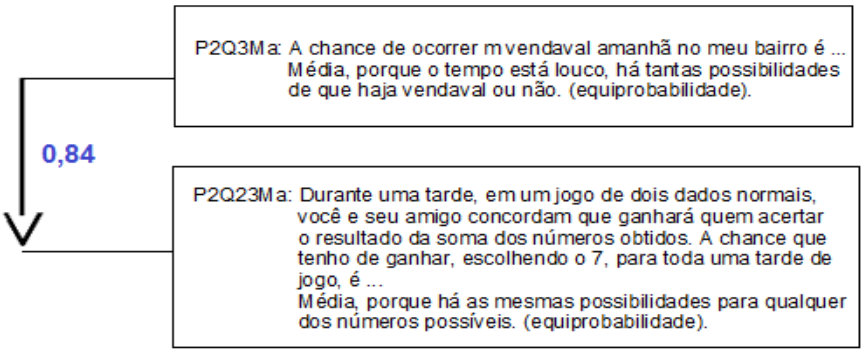


Figura 8: Subclasse I1 – equiprobabilidade / média Fonte: Dados da pesquisa

A Subclasse “I1”, formada pelos itens identificados P2Q3Ma e P2Q23Ma, tem variável típica P1Q12b com um risco de 0.0988. Esta variável identifica os professores que não cursaram e/ou não cursam alguma pós-graduação. Passamos a análise da Classe “I”. Esses professores quantificam como média a estimativa da probabilidade quando a justificativa da argumentação está pautada na equiprobabilidade de ocorrência dos mesmos. Passamos a análise da Classe “I”.

Variável	Contexto	Argumentação
P2Q3Bb	Físico/Natural	Frequencial
P2Q6Ma	Jogo	Equiprobabilidade
P2Q9Mb	Físico/Natural	Equiprobabilidade
P2Q3Ma	Físico/Natural	Equiprobabilidade
P2Q23Ma	Jogo	Equiprobabilidade
P2Q11Bd	Físico/Natural	Frequencial

Quadro 3: Classe I – equiprobabilidade / média Fonte: Dados da pesquisa

A variável típica da Classe “I” é P1Q6a com um risco de: 0.0377. Essa variável identifica professores que atuam a menos de dez ano no magistério. Outras variáveis que apresentam baixo risco são:

- P1Q8b com um risco de 0.215, ministram mais de 24 aulas semanais de matemática no ensino fundamental II;
- P1Q4b com um risco de 0.249, concluíram sua graduação após o ano 2000; e
- P1Q2b com um risco de 0.251, possuem idade superior a 40 anos.

Muito embora para algumas questões os professores deste grupo terem justificado alguns eventos inseridos no contexto físico/natural pelo viés frequentista, na maior parte das vezes as suas justificativas estão pautadas na equiprobabilidade de ocorrência dos mesmos, com estimativa média de ocorrência dos eventos abordados. Tanto por Azcárate (1995) como por Cardeñoso (1998) esse grupo foi identificado como causalidade, pois justificam devido as diversas causas que podem interferir/agir no decorrer do evento e, na ausência de controle, estabelece a igualdade das possibilidades. Diante de exposto, entendemos ter sido possível a identificação das concepções utilizadas pelos professores participantes de nossa pesquisa, no que tange às ideias de aleatoriedade e probabilidade. A seguir, traremos a análise implicativa da dimensão probabilidade

5.2.2 Análise implicativa

A Figura 10 apresenta o grafo implicativo, no qual se destacam as implicações definidas pelas cores das setas que estão relacionadas com os índices determinados durante o processo de submissão dos dados coletados no *software* CHIC, com o intuito de obter os grafos de implicação. Observa-se que:

- Setas vermelhas – implicação de 0,95;
- Setas azuis – implicação de 0,92;
- Setas verdes – implicação de 0,89; e

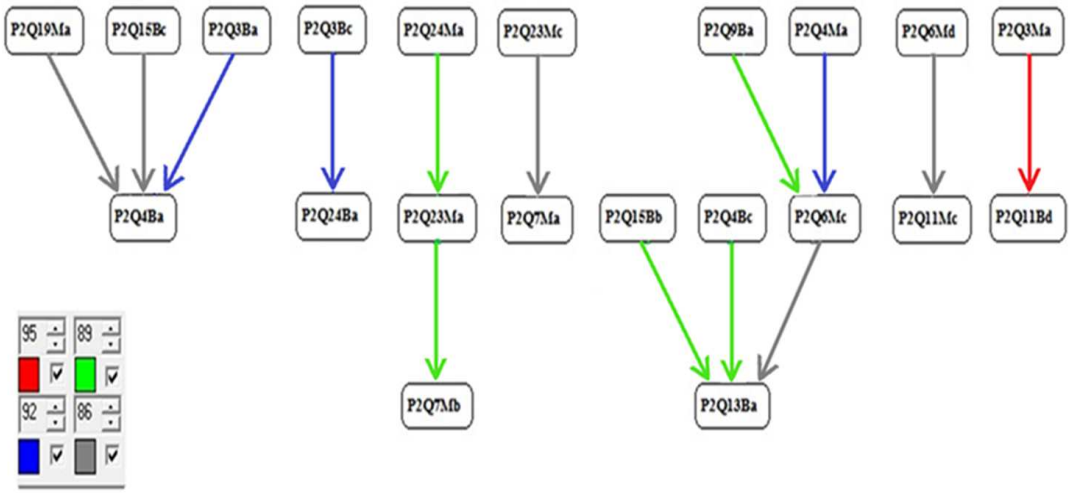


Figura 10: Grafo implicativo: dimensão probabilidade Fonte: Dados da pesquisa

Destacamos que, semelhante ao ocorrido na dimensão aleatoriedade, quando da análise implicativa dos dados, no qual identificamos grupos com as mesmas argumentações, mas que, no entanto, estimavam de forma diferente a probabilidade de ocorrência dos eventos apresentados. Este fato ocorreu com os grupos denominados determinista e contingência. Adotando o mesmo critério, apresentaremos os dois grupos

que serão analisados de forma conjunta, destacando, porém, as estimativas adotadas por cada grupo.

Grupo determinista

De acordo com Cardeñoso (1998), este grupo apresenta uma leitura mecanicista e formal do cálculo de probabilidade, estima desde argumentos Laplacianos e eventualmente pelo viés da equiprobabilidade. A seguir trazemos o grupo de professores que argumentam pelo viés clássico (Laplaciano) e que estimam a probabilidade de ocorrência dos eventos apresentados como baixa

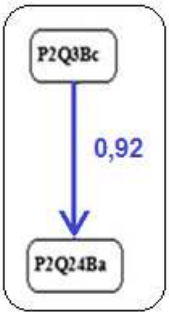


Figura 11: Implicação – determinista / baixa Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 12, na qual o índice adotado está em torno de 0,92 na cor azul, ou seja, a probabilidade de que observando P2Q3Bc, então, provavelmente, teremos P2Q24Ba com um índice de implicação igual a 0,92 de ocorrência dessa situação. Os professores que responderam de acordo com as implicações descritas na Figura 40, justificam suas respostas apoiados no viés clássico (Laplaciano).

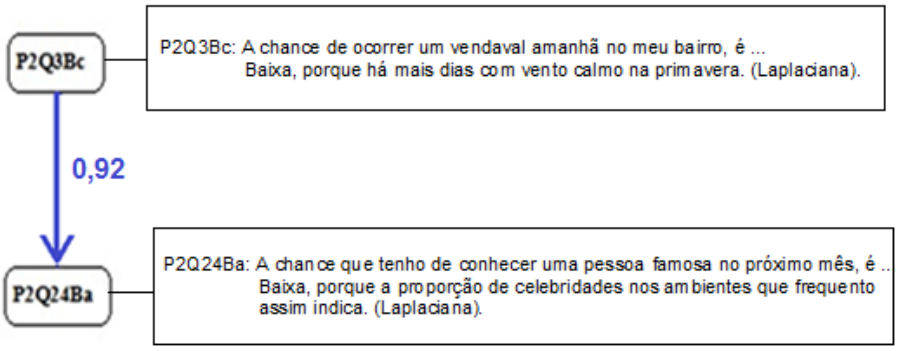


Figura 12: Grafo implicativo 1 – grupo determinista / baixa Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 13 apresentamos o grupo de professores que estimam como média a probabilidade de ocorrência dos eventos apresentados. Justificam suas argumentações pautados, ora pelo viés da equiprobabilidade, ora pelo clássico (Laplaciana), estimando como média a probabilidade de ocorrência dos eventos apresentados

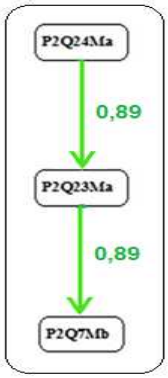


Figura 13: Implicação – determinista / média Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 14, na qual o índice adotado está em torno de 0,89 na cor verde, ou seja, a probabilidade de que observando P2Q24Ma, então, provavelmente, teremos P2Q23Ma com um índice de implicação igual a 0,89 de ocorrência dessa situação. Consequentemente, ocorrendo a situação descrita, então, provavelmente, observamos também P2Q7Mb com um índice de implicação igual a 0,89 para sua ocorrência

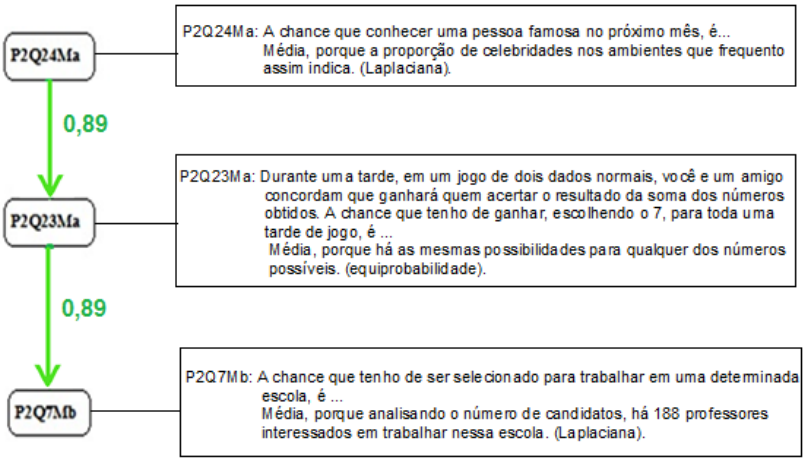


Figura 14: Grafo implicativo 1 – grupo determinista / média Fonte: Dados da pesquisa

Comparando os resultados entre as análises coesitiva e implicativa, observamos que quatro grupos de concepções sobre probabilidade emergem em ambas as análises: determinista; contingente; incerteza; causalidade. Destacamos o fato das análises coesitiva e implicativa apresentarem um grupo distinto. Na árvore coesitiva foi identificado o grupo denominado personalista e o que não ocorreu na análise implicativa. Esta situação apresentada justifica a dupla análise dos dados referentes ao grupo de professores participantes, uma vez que, a análise apenas por uma dessas vias impossibilitaria a identificação deste ou daquele grupo. Apresentamos no Quadro 4 as concepções em relação a probabilidade identificadas no grupo de professores pesquisados.

Árvore coesitiva	Grafo implicativo
Causalidade	Causalidade
Deterministas	Deterministas
Incerteza	Incerteza
Contingência	Contingência
Personalista	Não foram observados.

Quadro 2: Árvore coesitiva e grafo implicativo da dimensão probabilidade Fonte: O pesquisador

6 Considerações

Neste texto, buscamos discutir a identificação das concepções probabilísticas apresentadas por 41 professores que atuam no ensino fundamental II e participaram da pesquisa por meio da resposta ao questionário construído por Cardeñoso, e adaptado por nós nesse trabalho de pesquisa.

Ao revisitarmos nosso objetivo geral de analisar as concepções de probabilidade e aleatoriedade de professores que atuam no ensino básico, quando estes se defrontam com questões que envolvem os temas probabilidade e aleatoriedade, trazemos nossa questão de pesquisa com o propósito de apresentar nossas conclusões sobre os resultados obtidos.

Concluímos que 40% dos professores pesquisados que reconhecem os fenômenos aleatórios, justificam suas argumentações por meio de critérios de incerteza. Enquanto 30% utilizam justificativas pautadas nas múltiplas possibilidades no desenvolvimento do fenômeno.

Por outro lado, cerca de 19% dos participantes da pesquisa fazem uso de argumentações baseadas em fatores causais, ou seja, para esse grupo de respondentes, diversas causas podem interferir no desenrolar do fenômeno e, com isso, identificar a possibilidade de sua ocorrência ou não fica prejudicada por esses fatores externos ao fenômeno, uma vez que a impossibilidade alegada por esse grupo está na manutenção do controle do evento.

Completando o quadro de professores pesquisados, identificamos um grupo composto por 11% que se pauta em experiências pessoais na justificativa de suas argumentações em relação ao reconhecimento de eventos aleatorios. Este grupo tem suas decisões relacionadas às suas próprias vivências ou a suas crenças.

O fator contexto foi de grande valia na conclusão de nossa pesquisa, uma vez que possibilitou identificarmos os argumentos utilizados por esses professores, de acordo com cada um dos contextos apresentados. Quando o contexto em pauta era o de jogos, as argumentações desses professores apoiavam-se na incerteza com considerável índice de reconhecimento dos eventos aleatórios. No entanto, quando os contextos usados nas questões estavam relacionados a situações do cotidiano ou físico/natural, as argumentações apareciam pelo viés da causalidade.

Em relação à aletoriedade, identificamos seis grupos de professores a partir do conjunto de respostas que estes apresentaram em suas justificativas para o reconhecimento ou não reconhecimento de eventos aleatórios inseridos nos contextos tratados.

Em relação à probabilidade nas análises realizadas, identificamos cinco grupos de respondentes que foram caracterizados, de acordo com as argumentações utilizadas em suas respostas.

Diante de exposto, entendemos ter sido possível a identificação das concepções utilizadas pelos professores participantes de nossa pesquisa, no que tange às ideias de aleatoriedade e probabilidade.

Além de identificar esse conjunto de concepções observadas nesse grupo de professores, a pesquisa possibilitou-nos aventurar por um caminho que se abriu ao nos depararmos com as análises realizadas. Referimo-nos às análises dos livros didáticos bem como as análises possibilitadas pelo *software* CHIC (coesitiva e implicativa) e, diante do que foi exposto, colocamo-nos a elaborar a categorização dos níveis de letramento probabilístico, próxima aos moldes da escala de proficiência apresentada pelo Indicador de Analfabetismo Funcional (INAF, 2016, p.5), resguardando todas as particularidades envolvidas.

Em nosso trabalho de pesquisa não foi possível identificar todos os grupos elencados tanto por Azcárate (1995) como por Cardeñoso (1998). Diante dessa constatação, no quadro sobre os níveis de letramento probabilístico que apresentaremos a seguir, iremos inferir sobre alguns dos níveis elencados e, desde já, fica a sugestão para novas pesquisas que objetive ratificar ou retificar, bem como trazer mais substância para o quadro por nós elaborado.

	Azcárate	Cardeñoso	Níveis
Aleatoriedade	Determinista	Determinista	Iletrado
	Causalidade	Causalidade	Iletrado
		Subjetiva	Rudimentar
		Multiplicidade	Elementar
	Padrão		Intermediário
	Incerteza	Incerteza	Proficiente
Probabilidade	Não-probabilística	Causalidade	Iletrado
		Determinista	Iletrado
	Intuitiva	Personalista	Rudimentar
		Contingência	Elementar
	Emergente		Intermediário
	Normativa	Incerteza	Proficiente

Quadro 3: Níveis de letramento probabilísticos Fonte: O pesquisador (2018)

Na categorização dos níveis de letramento probabilístico, temos:

- Iletrado: Corresponde à condição dos que não conseguem realizar tarefas simples.
- Rudimentar: Corresponde à condição dos que apresentam muitas dificuldades em realizar tarefas simples.
- Elementar: Corresponde à condição dos que apresentam dificuldades medianas ao realizar tarefas do tipo simples e de média complexidade.
- Intermediário: Corresponde à condição dos que não apresentam maiores dificuldades em realizar tarefas do tipo simples e de média complexidade, ainda sentem algum tipo de dificuldade em tarefas de maior complexidade.
- Proficiente: Corresponde à condição dos que realizam tarefas de maior complexidade.

Como perspectiva de pesquisas futuras sugiro um aprofundamento da categorização de letramento probabilístico apresentado nessa pesquisa. Entendemos ser oportuno que novas pesquisas voltadas para esse tema sejam realizadas com o intuito de validar não

somente a categorização de letramento probabilístico, bem como as propostas que esta pesquisa trouxe para o campo acadêmico.

Referências

[1] ALMOULOUD, S.A. (2015). **O que está por detrás do CHIC**. In VALENTE, J. A.;

[2] AZCÁRATE, P. (1995). **Los escenarios de aprendizaje. Una estrategia para tratar los conocimientos estocáticos en las aulas.** Didáctica de la Estadística, Probbailidad y Combinatoria, 2, p.69-86. Granada.

[3] BATANERO, M.C. (2005). **Significados de la probabilidad en La educación secundarial. Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas: um reporte iberoamercano**. RELINE, v. 8, n. 3, p. 247-263.

[4] BATANERO, C.; HENRI, M.; PARZYSZ, B.I. (2005). **The Nature of Chance and Probability.** En G. Jones (Ed.), Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning (pp. 15-38). New York: Springer.

[5] BATANERO, M.C. et al. (2015). **Conocimiento matemático de professores de primaria em formación para la enseñanza de la Probabilidade: um estúdio exploratório.** Práxis Educativa, Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 11-34, jan. /jun.

[5] CARBELIM, C.C.L. (2015). **Letramento Probabilístico no Ensino Médio: um estudo de invariantes operatórios mobilizados por alunos.** 135 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

[6] CARDEÑOSO, J.M. (1998). Las creencias y conocimientos de los profesores de primaria andaluces sobre la Matemática escolar. Modelización de conceptos sobre la Aleatoriedad y Probabilidad. 2001, 505. Tesis (Doctorado en Filosofía y Ciencias de la Educación: Ciencias de la Educación) – Facultad de Educación, Universidad de Cádiz, Cádiz, España.

[7] COUTINHO, C.Q.S. (1994). **Introdução ao conceito de Probabilidade pela visão freqüentista – estudo epistemológico e didático.** São Paulo. Dissertação de Mestardo. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

[8] _____. (2001). **Introduction aux situations aléatoires dès le collège: de la modélisation à la simulation d'expériences de Bernoulli dans l'environnement informatique Cabri-géomètre II**, 330 p. Tese (Doutorado em educação Matemática), Université Joseph Fourier, Grenoble I, França.

[9] **_____**. (2003) **Modelagem, simulação e as orientações dos PCN-EF para o ensino de Probabilidade**. Artigo publicado nos anais do IX seminário IASI de Estatística Aplicada – "Estatística na Educação e Educação em Estatística" – Rio de Janeiro.

[10] **_____**. (2007). Atelier: **Introdução aux situations aléatoires et à leur modélisation** - http://www-leibniz.imag.fr/EM2000/Actes/Ateliers/COUTHINO.pdf (10 de março de 2007).

[11] **_____**. (2007). **Conceitos probabilísticos: quais contextos a história nos aponta?** REVEMAT – Revista Eletrônica de Educação Matemática. V2.3, p.50-67, UFSC.

[13] _____. (2010). **A estatística e a probabilidade no currículo de matemática da escola básica.** VIII Encontro Nacional de Educação Matemática. VIII ENEM. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
[14] _____. (2013). Introdução ao conceito de Probabilidade e os livros didáticos para Ensino Médio no Brasil. - Educación Estadística en América Latina: Tendenci y Perspectivas. Caracas
[15] DANTAS, C.A.B. (2013) **Probabilidade: um curso introdutório.** EDUSP 2013.
[16] DANTE, L.D. (1996). **Livro didático de Matemática: uso ou abuso?** Em aberto. Brasília, v.16, nº69, p. 52-58.
[17] GAL, I. (2005). **Towards "probability literacy" for all citizens: Building blocks and instructional dilemmas**. En G. Jones (Ed.), Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning (pp. 39-63). New York: Springer.
[18] GONÇALVES, M.C. (2004). **Concepções dos professores e o ensino de Probabilidade na escola básica**. Dissertação de mestrado PUC/SP. São Paulo.
[19] GOULART, A. (2007). **O discurso sobre os conceitos probabilísticos para a escola básica.** Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) –Pontifícia Universidade Católica, São Paulo.
[20] GOULART, A. (2015). **Um estudo sobre a abordagem dos conteúdos estatísticos em um curso de licenciatura em Matemática: uma proposta sob a ótica da ecologia do Didático.** Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo.
[21] GRAS, R.; ALMOULOUD, S.A. **A implicação estatística usada como ferramenta em um exemplo de análise de dados multidimensionais.** Revista Educação Matemática Pesquisa. São Paulo: EDUC, v. 4, n. 2, 2002, p. 75-88
[22] GRAS, R.; RÉGNIER, J.-C. (2017). Extension de l'Analyse Statistique Implicative à des hiérarchies des règles. In Gras, R (dir). L'Analyse Statistique Implicative: des sciences dures aux sciences humaines et sociales. Toulouse: Cépaduès Editions.
[23] HENRY, M. (1994). L'enseignement des probabilités – perspectives historiques, épistémologiques et didactiques. Besançon: IREM de Besançon.
[24] HENRY, M. (1997). **"Notion de modèle et modélisation dans l'enseignement".** In: CHAPUT, B.; HENRY, m. (coords.). Enseigner les probabilités au Lycée, pp. &&-74-84. Reims, IREM de Reims.
[25] HENRY, M. (2009). Émergence de la probabilité et enseignement: définition classique, approche fréquentiste et modélisation. Besançon: IREM de Besançon.
[26] INAF. (2016). Indicador de Analfabetismo Funcional. Estudo especial sobre alfabetismo e mundo do trabalho. Ação Educativa – Instituto Paulo Montenegro: 2016, p.5.
[27] LAJOLO, M. (1996). **Livro Didático: um (quase) manual de usuário**. In: Em Aberto. Brasília, v.16, nº69, p. 3 -7.
[28] LOPES, C.A.E. (1998) **A Probabilidade e a estatística no ensino fundamental:** uma análise curricular. 1998. Dissertação. (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
[29] MELHUISH, K.; THANHEISER, E. (2018). Journal for research in Mathematics Education. Reframing Replication Studies as Studies of Generalizability: A Response to Critiques of the Nature and Necessity of Replication. Vol. 49, nº 1, January 2018. National Council of Teachers of Mathematics.

[30] PONTE, J.P. (1992). **Concepções dos professores de Matemática e processos de formação**. In: BROWN, M. et al. Educação Matemática: temas de investigação. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

[31] PONTE, J.P. (2012). **Estudando o conhecimento e o desenvolvimento profissional do professor de Matemática.** In: PLANAS, N. (Ed.). **Educación matematics:** teoría, critica y prática. Barcelona: Graó.

[32] PONTE, J.P. (2006). **Estudo de caso em educação Matemática.** Bolema**,** v. 25, p 105-132.

[33] RODRIGUES, M.R. (2007). **A Urna de Bernoulli como modelo fundamental no ensino de Probabilidade**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

[34] **_____**. (2015). **A Urna de Bernoulli como modelo fundamental de ensino no Probabilidade**. Coleção do V Seminário Nacional de Histórias e Investigações de/em Aulas de Matemática, Grupo de Sábado – GdS, Universidade Estadual de Campinas, SP

[35] _____. (2016). Um estudo sobre as crenças e concepções de professores do Ensino Básico em relação à Aleatoriedade, Anais do XX EBRAPEM, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

[36] RODRIGUES, M.R.; MARTINS. E.G. (2016). A abordagem do tema Probabilidade nos livros aprovados pelo PNLD para o triênio 2015 – 21017 e suas implicações no processo de ensino e aprendizagem. Anais do XII ENEM – Encontro Nacional de Educação Matemática, Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, São Paulo.

[37] SANTOS, C.R. (2005). **O Tratamento da informação: currículos prescritos, formação de professores e implementação na sala de aula**. 139f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

[38] SANTOS, R.M. (2015). **Estado da arte e história da pesquisa em Educação Estatística em programas brasileiros de Pós-Graduação,** 348f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas.

[39] SILVA. C.B. (2007). **Pensamento Estatístico e Raciocínio sobre variação: um estudo com professores de Matemática.** Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

[40] SOUZA. F.S. (2016). **Política nacional de formação de professores: análise da implementação do PIBID de Matemática pela Universidade Federal Fluminense no período de 2009 – 2013.** Tese em Educação – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

[41] THOMPSON, A. (1992). **Teacher´ beliefs and conceptions: A synthesis of the research.** In D. A. Grows (Ed.), Handbook of research in Mathematics teaching and learning (pp. 127-146). New York: Macmillan

[42] THOMPSON. A.G. (1997). **A relação entre concepções de Matemática e de ensino de Matemática de professores na prática pedagógica.** Zetetiké, v.5, n.8, p.11-43,1997. Tradução: The relationship of teachers' conceptions: of mathematics and mathematics teaching to instructional practice. Educational Studies in Mathematics, n.15, p.105-127,1984.

INFLUENCE D'UNE FORMATION UNIVERSITAIRE EN AGRONOMIE SUR LE RESSENTI DES TRADITIONS PAR LES ETUDIANTS EN PREMIER CYCLE UNIVERSITAIRE : CAS DU DISTRICT DE MANDRITSARA A MADAGASCAR

Christian RAZANATSOAVINA[1], Bakys Bruno RALAHADY[2] et Jean-Claude LABERCHE[3]

INFLUENCE OF UNIVERSITY TRAINING ON THE FEELING OF US AND CUSTOMS BY STUDENTS IN BACHELOR OF AGRONOMY: CASE OF THE MANDRITSARA DISTRICT IN MADAGASCAR

RÉSUMÉ

Le contexte des recherches présentées dans cet article concerne des analyses qui mesurent des ressentis de futurs techniciens supérieurs à Madagascar. L'étude a été menée, dans un centre universitaire agronomique de la région Sofia, district de Mandritsara auprès uniquement 200 étudiants de L1 et L2 en agronomie, plus de 18 ans, (garçons et filles). Le but est d'appréhender l'évolution du ressenti des traditions chez ces futurs techniciens supérieurs agricoles depuis leur entré en formation supérieure ; En effet, ces étudiants reçoivent une formation devant leur permettre pour changer leurs comportements non seulement techniques mais aussi sociologiques vis-à-vis du monde agricole, ces derniers étant le principal frein reconnu, au développement rural. Pour ce faire, les étudiants ont été interrogés sur les quatre grands axes majeurs de leur formation, à savoir : leurs attitudes personnelles sur le pouvoir et l'influence des Anciens ; l'utilisation d'une station expérimentale agricole comme support pratique à leur formation ; croyance en leur pouvoir décisionnel particulièrement sur leurs capacités à prendre en main le développement agricole et les modifications dans leur pouvoir décisionnel. Cette étude utilisait un questionnaire semi-directif, composé de questions ouvertes et de questions fermées. Les résultats ont été traités avec comme outil statistique l'Analyse Statistique Implicative. Les résultats de cette analyse montrent que la plupart des étudiants interrogés sont encore sous le pouvoir et l'influence des Anciens et manifestent encore peu de pouvoir décisionnel pour transformer et changer le monde agricole. Néanmoins, ils croient en eux pour produire le meilleur. Cette première étude qui avait pour cible uniquement les L1 et L2 se poursuivra en L3 pour connaître l'évolution complète d'une cohorte d'étudiants en Bachelor. Cette étude sera renouvelée aussi dans les années à venir au fur et à mesure de la mise en place définitive des structures de cette formation

Mots-clés : *ASI, agriculture, tradition, graphe implicatif*

ABSTRACT

The context of the research presented in this article concerns analyzes that measure the feelings of future senior technicians in Madagascar. The study was conducted at an agricultural university center in Sofia Region, Mandritsara District with only 200 L1 and L2 students in agronomy, over 18 years old (boys and girls). The aim is to understand the

[1]Ecole Normale Supérieure pour l'Enseignement Technique, Université d'Antsiranana-Madagascar, cmrazanatsoavina@gmail.com

[2]Ecole Normale Supérieure pour l'Enseignement Technique, Université d'Antsiranana-Madagascar, ralahadybru@yahoo.fr

[3] Professeur des Universités émerite, jeanclaudelaberche@gmail.com

evolution of the feeling of traditions among these future senior agricultural technicians since their entry into higher education; Indeed, these students receive training to allow them to change their behavior not only technical but also sociological vis-à-vis the agricultural world, the latter being the main recognized brake, rural development. To do this, the students were asked about the four major axes of their formation, namely: their personal attitudes about the power and influence of the Ancients; the use of an agricultural experimental station as a practical support for their training; belief in their decision-making power, particularly their ability to take charge of agricultural development and changes in their decision-making power. This study used a semi-structured questionnaire, consisting of open questions and closed questions. The results were treated with Statistical Implicative Analysis as a statistical tool. The results of this analysis show that most of the students surveyed are still under the power and influence of Elders and still have little decision-making power to transform and change the agricultural world. Nevertheless, they believe in themselves to produce the best. This first study which targeted L1 and L2 only will continue in L3 to know the complete evolution of one. cohort of Bachelor students. This study will be renewed also in the coming years as the structures of this training are definitively set up.

Keywords : *ASI, agriculture, tradition, graphe implicatif.*

1 Introduction

Madagascar, comme dans la majorité des pays africains, traverse un problème de sécurité alimentaire, « *c'est-à-dire l'impossibilité d'accéder à tout moment à une alimentation suffisante, saine et nutritive permettant de mener une vie saine et active* » (Randriamiandrisoa, J. & Ballet, J. 2014). Ce problème de sécurité alimentaire engendre la précarité, la faim chronique chez la majorité de la population. Actuellement, un autre phénomène s'ajoute, c'est l'insuffisance d'eau car la population malgache détruit et brûle ses forêts. Cette dernière pratique reste ancrée dans l'habitude et même dans la connaissance et l'expérience ancestrale à Madagascar et aussi dans la croyance collective. La vie devient de plus en plus difficile pour les populations rurales.

Le défi du continent africain est multiple mais l'urgence est de nourrir, d'abord, ses peuples. A Madagascar, l'agriculture représentait en 2011 seulement 25% du PIB et occupait 70% de la population active et 90% de la population malgache vit avec moins de deux dollars US par jour (Banque Mondiale, juin 2013) et Madagascar continue par des mauvaises performances économiques depuis plusieurs années et la baisse du revenu est plus faible qu'en 1960 (Banque mondiale, 2011) et (Randriamiandrisoa, J. & Ballet, J. 2014) ajoutent que l'évaluation de l'insécurité alimentaire se produit à partir de la période de soudure. En fait, avant même les plantations du riz, vers mois d'octobre, beaucoup d'habitants ont des difficultés à satisfaire leurs besoins alimentaires. Les terres de la Grande Île sont à vocation agricole mais la majorité de la population vit et pratique encore une agriculture de subsistance ; des terres existent mais leur utilisation et leur accès sont difficiles pour la majorité. Ces situations réduisent les opportunités de passer d'une agriculture de subsistance à une agriculture de marché. De plus, la population vit encore dans une situation en clans généralement ethniques, et à l'intérieur des clans existent des règlements familiaux et claniques qui freinent aussi la valorisation des terrains agricoles qui sont sous la protection des vénérés Anciens. Il s'en suit que la pratique d'une agriculture de subsistance non structurée vers l'autoconsommation domine avec comme corollaire des situations de pauvreté toujours plus nombreuses (Malassis, L., 1959) alors que l'accélération démographique persiste (Bairoch, P., 1971). L'agriculture de subsistance demeure la base de l'alimentation pour la population pauvre, selon le rapport de la Banque mondiale (2011) souligne que les trois quarts des personnes pauvres des

pays en voie de développement vivent en milieu rural et dépendent pour la plupart directement ou indirectement de l'agriculture pour leur subsistance, très peu mécanisés, utilisant rarement semences améliorées. Cette agriculture de subsistance a été critiquée et a un sens péjoratif de la notion de pauvreté et sous-entend l'autoconsommation. Cette notion est apparue les travaux de recherche Ghib, M- L (2013) et précise également Barberis, C. (1972).

Dans une société traditionnelle, la domination traditionnelle fonde sa légitimité sur le caractère sacré de la tradition. La transmission des valeurs et des normes par la tradition est le pilier même du statut du chef traditionnel (Weber, M., 1995). Les travaux de recherche de Lenclud, G., (1994) ; Hobsbawm, E., (1995) expliquent que les traditions désignent l'ensemble de pratiques ou de savoirs hérités du passé et répétés de génération en génération. Dans le cadre de notre étude, le *Sojabe (chef traditionnel),* il est un gardien des traditions chez les Tsimihety. Le *Sojabe,* en tant que dépositaire et gardien des « us et coutumes », il est incontournable pour transmettre des valeurs traditionnelles et culturelles. Il ne se contente pas de donner des indications sur le maintien des traditions mais reste, en effet, toujours en lien avec les jeunes pour leurs transmettre ces édits et susciter une relève efficace qui veillera à l'intérêt général de la communauté. Razanatsoavina, C. (2010). Des nombreux organismes nationaux et internationaux et des associations professionnelles ont été créés à Madagascar pour représenter, défendre et promouvoir les intérêts des agriculteurs, et la ruralité. Cependant, aujourd'hui, la situation ne s'améliore pas ; au contraire à Madagasacara, la production de riz a baissé de 284 kg/h/an en 1970 à 161kg/h/an en 2003, le fait que des agriculteurs malgaches utilisent encore des techniques ancestrales. Dans la Grande île, les ancêtres ne sont pas vraiment écartés des vivants. Ces derniers croient que les ancêtres agissent sur leur vie de tous les jours et que rien ne doit être entrepris qui puisse les contrarier sous peine de vengeance se traduisant par du malheur chez les vivants. (Roubaud, F., 1999) et (Ramasindraibe, P., 1975), et des éléments socio-culturels jouent également un rôle dans le sous-développement en Afrique (Hugon, P., 1967). Nous constatons que dans la vie quotidienne à Madagascar, la pratique de plusieurs coutumes locales liées aux ancêtres semble agir négativement sur le progrès économique et social à Madagascar. Comme le montre Razafimpahanana, B, (1970) le respect des ancêtres, par l'intermédiaire des Anciens, est une attitude chez la population. Djistera, A, A., (2016) a mis accent sur l'importance du culte des ancêtres dans la société malgache. Actuellement, la majorité de de la population en pratique et Razanatsoavina, C, (2010) a souligné que la majorité de la population dans la région Sofia pratique les deux religions (traditionnelle et christianisme). Ce culte est une source d'une certaine cohésion et d'harmonie sociale, cependant la pratique de plusieurs coutumes locales liées aux ancêtres semble enfin agir négativement sur le progrès économique et social de Madagascar. Djistera, A, A., (2016). Ceci se concrétise dans le respect qui les lie aux messages des ancêtres, dans leurs expériences quotidiennes si ces traditions sont entretenues par les Anciens qui impactent les moins jeunes. Ces dévotions au culte des ancêtres ont une importance et crée de sociabilité, elles jouent un rôle dans la façon dont l'individu à Madagascar se projette dans la vie quotidienne et éducative. (Rabemananjara, R.W., 2001). Dans l'ensemble du pays, l'encadrement des agriculteurs, au niveau de la formation ou de l'expérimentation n'est pas la priorité de l'Etat. La plupart des centres de formation sont loins et ceci revient cher d'y aller tant pour la formation que pour l'hébergement. Madagascar est vaste et dispose de différentes régions. Notre étude concerne un cas dans la région Sofia. Actuellement 5% des ménages ont un profil d'insécurité alimentaire (Plan Régional de

Développement, *www.sofia.gov.mg)*. Cette situation est liée à l'augmentation de la population de 3% par an et la stagnation des rendements. Parent, T. (2013). Pourtant, la nécessité d'informer les agriculteurs et de former les jeunes pour qu'ils adoptent des techniques agricoles plus productives est un souci majeur de l'Etat malgache. Ceci s'est concrétisé, en autres organismes par la création des lycées agricoles, qui ont eu des succès très diversifiés quant à leurs objectifs. Sur les Hauts plateaux de la Sofia, l'activité agricole est caractérisée par une agriculture familiale et influencée par les croyances traditionnelles, vivrière et commerciales basées sur le ménage composé d'un couple avec leurs enfants. Les méthodes de cultures les plus répandues sont traditionnelles, et il existe une certaine résistance au changement ce qui constitue l'un des facteurs d'échec de l'opération de développement. (Parent, T., (2013). Dans la ville de Mandritsara, commune de 42.000 habitants et chef-lieu de la zone, l'Université de Mahajunga, a ouvert en 2015 un centre universitaire délocalisé dont une de ses filières d'enseignement vise à former des techniciens supérieurs en agronomie en trois ans. L'enseignement s'appuie sur une station de vulgarisation agricole ayant pour objectifs de participer à la formation initiale des étudiants et d'être aussi une vitrine pour les agriculteurs locaux. Tout autour de Mandritsara, les *fady* (des interdits ou des tabous en malgache) existent encore.de manière très significative comme l'ont bien montré Razafimpahanana, B. (1970), Razanatsoavina, C. (2010) et Benaivo B. (2019). Se pose la question de savoir si l'originalité du concept universitaire à Mandritsara influence-t-il déjà le ressenti des us et coutumes des étudiants en formation ? Pour le savoir, il nous a paru intéressant de voir si les étudiants modifiaient au cours des enseignements leurs dépendances vis-à-vis des attitudes et croyances ancestrales. Il nous a paru aussi judicieux de voir si la présence de la station influence leurs ressentis vis à vis des us et coutumes exprimés par la présence des Anciens. Cette première étude apportera une réponse certes ponctuelle aux responsables et encadrants de cette formation qui s'interrogent beaucoup sur la manière comment ce centre universitaire et cette station peuvent modifier l'attitude de ces futurs techniciens supérieurs sur leur avenir ?

2 Matériels et méthodes

Nous abordons les questions d'ordre matériel et méthodologique

2.1 Mesurer le ressenti des futurs techniciens supérieurs

Dans cette étude réalisée en 2018, nous avons travaillé avec 200 étudiants des deux premières promotions : la première étant en Licence deuxième année (L2) et les autres en Licence première année (L1). Cette étude a été réalisée sans distinguer le sexe des étudiants et uniquement à partir de 18 ans. Nous avons choisi un type de questionnaire directif, avec une réponse ouverte ou fermée. La manière dont les étudiants en agronomie réagissent se fait au travers de questions relatives à l'influence des *Sojabes*. De même le rôle et les relations de ces étudiants avec la station expérimentale (lieu des travaux pratiques) sont étudiés ; Nous prenons, enfin, en compte l'aspect croyance et les valeurs défendues par ces étudiants ainsi que leur mode décisionnel. On trouvera en annexe, (annexe 1) le questionnaire. On y constatera que certaines questions sont très directives comme par exemple : « Le Chef traditionnel (*Sojabe*) a-t-il encore un pouvoir d'influence sur vous ? » ou : « En quoi cette station vous concerne-t-elle ? D'autres questions font

plus appel au pouvoir décisionnel comme : « Avez-vous la possibilité de cultiver un terrain ? » Si oui, « A qui appartient ce terrain ? », « Qui détient le pouvoir sur le terrain ? ». Toutes ces questions de ressentis ont un caractère subjectif évident et le seront de ce fait les interprétations que l'on pourra en tirer. Nous avons distribué le questionnaire aux étudiants présents en classe et nous avons laissé certains questionnaires au secrétariat de l'Université pour d'éventuels absents intéressés. Pour donner leurs réponses, les étudiants avaient une semaine chez eux afin de répondre librement au questionnaire.

2.2 Un problème d'enquête

Une remarque préliminaire doit être faite sur les populations cibles. Les étudiants interrogés, ne couvrent en effet, que les étudiants en agronomie de Mandritsara, au moment de leur interview, alors que certains autres jeunes absents de l'étude auraient pu donner des réponses sur les problèmes, susceptibles d'influer les résultats des analyses. Néanmoins le nombre de questionnaires remplis dépassant les deux cents sur près de 250 susceptibles de répondre, représente un échantillon représentatif. D'autre part, les auteurs sont conscients de ne pas posséder une ligne de base au début de l'étude. Il est difficile d'interroger des étudiants qui viennent de commencer leurs cours à l'université et d'avoir leur perception précise au début de la formation. Le dépouillement a été fait par des étudiants en Master II en informatique de l'Ecole Normale Supérieure pour l'Enseignement Technique à l'Université d'Antsiranana et nous avons ensuite utilisé un traitement statistique approprié pour ce genre d'enquête : l'Analyse Statistique Implicative.

2.3 Analyse statistique implicative

La méthodologie utilisée dans cette étude est basée sur l'analyse statistique implicative (ASI), comme celle décrite par Ralahady, B. B. et Totohasina, A., (2019) où chaque fiche d'enquête représente une transaction alors que les différentes modalités correspondent aux questions susceptibles d'être répondue dans chaque fiche. On note n le nombre de transactions et p le nombre modalités. Dans la mesure où l'on s'intéresse à la présence-absence de chaque modalité dans les différentes transactions, on associe à chaque modalité une affirmation correspondant, appelé *item,* qui est une variable booléenne. Sur l'ensemble des transactions, on obtient une matrice booléenne de dimensions n et p.

	Question 1	Question 2	Question 3	Question 4
Etudiant1	Oui	Oui	Oui	Non
Etudiant2	Non	Oui	Oui	Oui
Etudiant3	Oui	Non	Oui	Non
Etudiant4	Non	Oui	Non	Oui
Etudiant5	Oui	Oui	Oui	Oui
Etudiant6	Non	Non	Non	Non
Etudiant7	Oui	Oui	Non	Oui

	A	B	C	D
1	1	1	1	0
2	0	1	1	1
3	1	0	1	0
4	0	1	0	1
5	1	1	1	1
6	1	0	0	0
7	0	1	0	1

Tableau 1: Exploitations des données : A gauche, un exemple de données brutes, à droite sa matrice booléenne correspondante de dimensions 7 et 4 après codage.

A partir de la matrice booléenne qui indique les modalités présentes dans chaque transaction, nous voulons extraire les relations significatives qui se traduisent comme des règles d'association du type : si un étudiant choisi l'affirmation A, alors il est très probable qu'il considère aussi l'affirmation B. Cette règle est ainsi exprimée de façon $A \rightarrow B$, se lit : la modalité {A} implique la modalité {B} , ou A c'est l'antécédent et B est le conséquent

Le *support* d'une modalité se définit la portée de cette modalité, c'est à dire la proportion d'élèves qui ont choisi une affirmation, où (R. Agrawal & Al, 1994)

$$supp(X) = P(X') \text{ .(1)}$$

L'*intensité* d'une règle est mesurée selon la mesure d'intérêt Totohasina A. et Feno D. (2008)

$$M_{GK}(X \rightarrow Y) = \begin{cases} \frac{P(Y'|X') - P(Y')}{1 - P(Y')}, & si \quad P(Y'|X') \geq P(Y') \\ \frac{P(Y'|X') - P(Y')}{P(Y')}, & si \quad P(Y'|X') < P(Y') \end{cases} \quad (2)$$

La *valeur critique* d'une règle d'une règle est calculée selon les équations données par (Ralahady, B. B. & Totohasina, A., 2019)

$$\mathrm{M_{GKcr}}(X \rightarrow Y, \alpha) = \sqrt{\frac{1}{n}\frac{n - n_X}{n_X}\frac{n_Y}{n - n_Y}\chi^2_{cr}}, \; si \;\; X \;\; favorise \;\; Y \quad (3)$$

Validité d'une règle

Une règle $r: X \rightarrow Y$ est valide selon M_{GK} si

${M_{GK}}^f(X \rightarrow Y) \geq M_{GKcr}(X \rightarrow Y, \alpha)$ (4)

Selon notre exemple présenté dans le tableau 1, nous avons :

$supp(A) = \mathrm{P(A)} = 4/7$;

$supp(C) = \mathrm{P(C)} = 4/7$;

$supp(D) = 4/7$;

et $supp(B) = 5/7$.

Et puis;

$$\mathrm{M_{GK}(C \rightarrow A)} = \frac{\mathrm{P(A|C) - P(A)}}{1 - \mathrm{P(A)}} = \frac{3/4 - 4/7}{1 - 4/7} = 0.416 \quad \text{et}$$

$$\mathrm{M_{GK}(A \rightarrow C)} = \frac{\mathrm{P(C|A) - P(C)}}{1 - \mathrm{P(C)}} = \frac{3/4 - 4/7}{1 - 4/7} = 0.416$$

$$\mathrm{M_{GKcr}(C \rightarrow A, 0.5)} = \sqrt{\frac{1}{7}\frac{7-4}{4}\frac{4}{7-4} \times 0.45} = 0.3$$

Donc $\mathrm{M_{GK}(C \rightarrow A) = M_{GK}(A \rightarrow C) > 0.3}$

Les règles $\mathrm{C \rightarrow A}$ et $\mathrm{A \rightarrow C}$ sont toutes valide selon $\mathrm{M_{GK}}$

Aussi

$$\mathrm{M_{GK}(D \rightarrow B)} = \frac{\mathrm{P(B|D) - P(B)}}{1 - \mathrm{P(B)}} = \frac{4/4 - 5/7}{1 - 5/7} = 1.0$$

Et en fin

$$\mathrm{M_{GK}(A \rightarrow B)} = \frac{\mathrm{P(B|A) - P(B)}}{\mathrm{P(B)}} = \frac{2/4 - 5/7}{5/7} = -0.3$$

Comme

$\mathrm{M_{GK}(A \rightarrow B) = -\, M_{GK}(\overline{A} \rightarrow B)}$ donc $\mathrm{M_{GK}(\overline{A} \rightarrow B)} = 0.3$

$$\mathrm{M_{GKcr}(A \rightarrow B, 0.5)} = \sqrt{\frac{1}{7}\frac{7-3}{3}\frac{5}{7-5} \times 0.45} = 0.219$$

Donc $M_{GK}(\overline{A} \rightarrow B) = -M_{GK}(A \rightarrow B) > 0.3$
Graphe implicatif associé

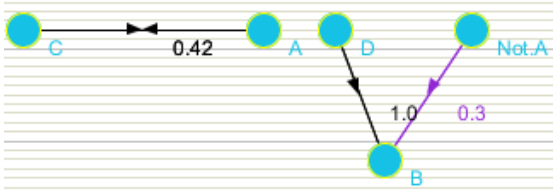


Figure 1– Représentation graphique

Ainsi nous pouvons les interpréter comme les suivantes :
A équivalent à C avec intensité de 0.416
D implique B avec intensité de 1.0
Non A implique B avec intensité 0.3

3 Présentation des résultats

Dans cette partie, nous dégageons quelques analyses de nos résultats d'enquête de terrain, obtenus à partir des items posés. Ils constituent une base de réflexion pour des travaux ultérieurs. A l'aide de l'outil d'analyses Analyse Statistique Implicative, nous avons obtenu des résultats préliminaires et pertinents de notre étude.

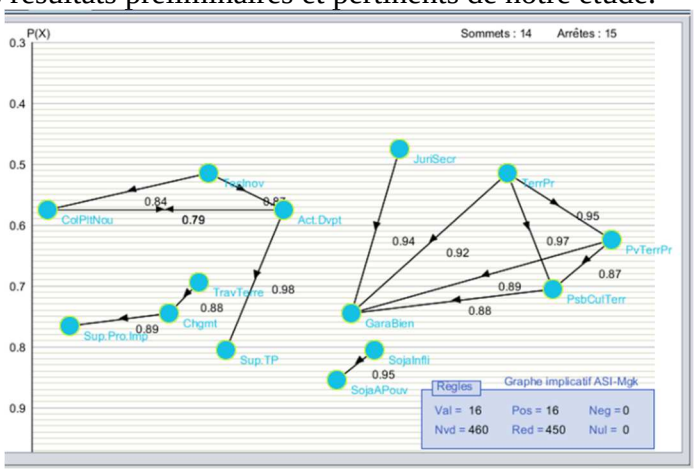


Figure 2: l'ensemble de grands axes de nos résultats. Pour la signification des items se referer au § précédent. Les valeurs le long des flèches indiquent les intensités entre les items. Ces valeurs sont entre 0 et 1, et plus ils se rapprochent de 1, plus l'intensité liant ces *items* est forte

3.1 Résultats et Interprétation

Le pouvoir des *Sojabe* et son influence sur les étudiants

La figure 3 présente le cas simple de deux items : le pouvoir des sojabe et leur influence

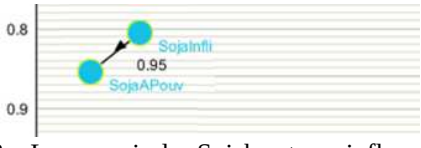


Figure 3 – Le pouvoir des Sojabe et son influence

Selon ASI-MGK, de sa fenêtre graphique implicative, $supp(\{SojaInfli\}) = 0.81$ et $supp(\{SojaAPouv\}) = 0.86$, on peut dire que la modalité $\{SojaInfli\}$ implique $\{SojaAPouv\}$ avec intensité de 0.95 donc l'influence de *Sojabe* serait en aval de son pouvoir. Les résultats font apparaître une implication significative. Les futurs techniciens supérieurs en agronomie attribuent aux *Sojabe* un fort pouvoir dans leur vie quotidienne et sur l'ensemble de la population. Notre analyse, nettement « significative, montre que 86% des futurs techniciens supérieurs ont le plus fort ressenti sur le pouvoir de *Sojabe* et 91% ont un pouvoir fort dans la communauté. En effet, dans la culture Tsimihety, le *Sojabe* détient un rôle social et culturel important dans la société. Si nous ne suivons pas de l'ordre ou la décision de *Sojabe*, ce dernier ne nous exclut pas parmi des membres de la famille mais plutôt il ne nous bénit pas.

Sur le ressenti de la station expérimentale et des Travaux Pratiques

La figure 4 dégage le ressenti de futurs techniciens supérieurs sur la station expérimentale et des Travaux Pratiques. Les items étudiés sont :

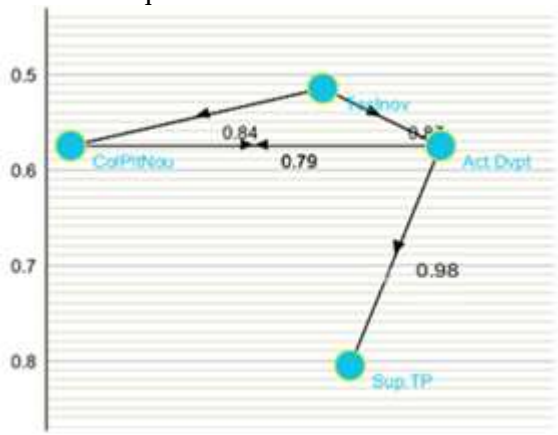


Figure 4 Le ressenti sur la station expérimentale et des Travaux Pratiques. Les *items* étudies sont $TecInov$, $ColPltNou$, $Act.Dvpt$ et $Sup.TP$ et les chiffres le long des flèches indiquent les intensités entre *deux* items

Selon ASI-MGK, nous avons $supp(\{TecInov\}) = 0.52$ et $supp(\{ColPltNou\}) = 0.58$, $supp(\{Act.Dvpt\}) = 0.58$ et $supp(\{Sup.TP\}) = 0.81$.

- modalité $\{TecInov\}$ implique $\{Act.Dvpt\}$ avec intensité de 0.87 ;
- modalité $\{TecInov\}$ implique $\{ColPltNou\}$ avec intensité de 0.84 ;
- modalité $\{ColPltNou\}$ équivalent $\{Act.Dvpt\}$ avec intensité de 0.79 ;
- modalité $\{Act.Dvpt\}$ implique $\{Sup.TP\}$ avec intensité de 0.95.

A part, les pouvoirs d'Influences des *Sojabe*, nous avons remarqué également le point important sur les travaux pratiques dans la filière agronomique. Cette station d'expérimentale et la vulgarisation servira de support pour des travaux pratiques, pour les étudiants et aussi pour les acteurs du développement et ainsi que pour l'ensemble de la population agricoles. Les collections de plantes nouvelles introduites sont aussi importantes pour les personnes interrogées.

Au moment où on a lancé cette enquête, la station d'expérimentale n'est pas encore bien installée à cause des problèmes administratifs. Mais les étudiants estiment positivement l'importance de cette station liée à leurs travaux pratiques.

Croyance en leur pouvoir décisionnel particulièrement sur leurs capacités à prendre en main le développement agricole

La figure (dégage le ressenti de futurs techniciens supérieurs sur les croyances. Les 3 items étudiés sont : $Sup.TP$, $Chgmt$et $Sup.Pro.Imp$.

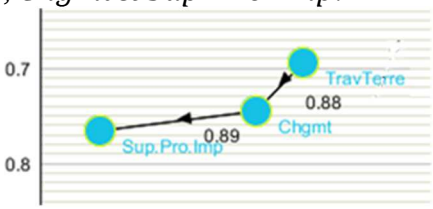


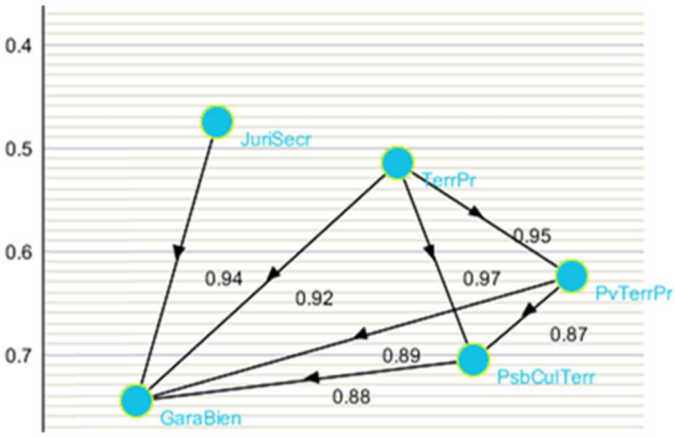
Figure 5 –Le ressenti sur la station expérimentale sur leur pouvoir décisionnel. Les items étudies sont : $Sup.TP$, $Chgmt$et $Sup.Pro.Imp$ et les chiffres le long des flèches indiquent les intensités entre deux items

En revanche, notre image ici nous montre la croyance de ces futurs techniciens supérieurs face aux modes décisionnels. Selon ASI-MGK, nous avons $upp(\{Trav.terre\}) = 0.74$, $supp(\{Chgmt\}) = 0.80$ et $supp(\{Sup.Pro.Imp\}) = 0.8$.

- modalité {Trav. terre} implique {Chgmt} avec intensité de 0.88 ;
- modalité {Chgmt} implique {Sup. Pro. Imp} avec intensité de 0.89.

La majorité des étudiants interrogés estiment capables de produire mieux que les produits importés (quels items le montre). De plus, ils sont motivés à travailler la terre et souhaitent un changement dans le monde agricole. Nous avons constaté que ces étudiants ont une croyance collective très forte.

Le Pouvoir décisionnel



La figure 6 développe le monde décisionnel de ces futurs techniciens vis-à-vis de la terre et leurs relations du pouvoir sur cette terre par rapport aux parents. Les items étudiés sont : $JuriSecr$, $JuriSecr$, $PvTerrPr, PvTerrPr$ et $PvTerrPr$.

Selon ASI-MGK, nous avons $supp(\{JuriSecr\}) = 0.48$ et $supp(\{TerrPr\}) = 0.52$, $supp(\{PvTerrPr\}) = 0.63$, $supp(\{PsbCulTerr\}) = 0.71$et $supp(\{GaraBien\}) = 0.75$ et d'après la propriété de la transitivité.

- modalité {TerrPr} implique {PvTerrPr} avec intensité de 0.95 ;
- modalité {TerrPr} implique {PsbCulTerr} avec intensité de 0.974 ;
- modalité {TerrPr} implique {GaraBien} avec intensité de 0.92 ;
- modalité {PvTerrPr} implique {PsbCulTerr} avec intensité de 0.87 ;
- modalité {PvTerrPr} implique {GaraBien} avec intensité de 0.89 ;
- modalité {PsbCulTerr} implique {GaraBien} avec intensité de 0.88 ;
- modalité {JuriSecr} implique {GaraBien} avec intensité de 0.94.

Les réalités nous montrent que la majorité des terrains appartiennent encore aux parents, et ces derniers détiennent un fort pouvoir sur ces terrains. En revanche, la plupart

des parents, selon ces futurs techniciens supérieurs acceptent de mettre en garantie leurs biens. Par ailleurs, les étudiants disent que la possibilité de cultiver un nouveau terrain existe encore. Cette situation montre que le problème de leur autonomie ne favorise pas leur position pour prendre en main les nouveaux projets. Ils estiment que ces Anciens ne sont pas contre l'arrivée de la modernité comme, par exemple, une introduction d'une nouvelle variété, ou exploiter une culture à grande échelle, … Mais ils seront capables de changer d'avis à la dernière minute et reculent de mettre en garantie des biens, nous avons mis en doute la véracité de cet accord de la part de parents vis-à-vis de cette garantie. Cette affirmation initiale doit être de nouveau analysée. Car cette affirmation à la hâte pourrait fausser les études suivantes. Chez les Tsimihety comme dans plusieurs sociétés transmettent des biens aux enfants, seulement les problèmes actuels, particulièrement le titrage et le bornage des terrains sont rarement présents, cela pose aussi des problèmes aux accès bancaires. La régularisation des terrains pose un grand problème à Madagascar, très difficile, long et demande beaucoup des charges. Randriamahafaly-R, L., (2017). A l'issue de ces études, l'ensemble des facteurs étudies montre des modifications dans les ressentis des futurs techniciens supérieurs pour dépasser des us et coutumes. Ces facteurs pourront remettre en question aussi leurs statuts et leurs attitudes à agir ou à prendre de décision.

4 Conclusion et perspectives

Cet article permet de souligner l'importance des éléments culturels, sociologiques et psychologiques chez des étudiants, futurs techniciens supérieurs, en agronomie dans la mise en œuvre du développement agricole et rural à Madagascar, notamment dans le district de Mandritsara. Pour avoir des réponses sur les ressentis des étudiants, nous avons posé des questions sur le pouvoir et l'influence des Anciens et sur la mise en place du projet station et vulgarisation. Nous avons mis en considération aussi la question sur leurs croyances dans un pays qui est complètement convaincu de tout vient de Dieu et des Ancêtres et nous ne négligeons pas non plus la question sur leur pouvoir décisionnel, sur la question de moyens pour réaliser leurs projets de développement agricole. Toutes ces questions avaient débuté par une question sur pourquoi ils se sont inscrits à suivre une filière agronomie. Cette réponse nous donne un des fils conducteurs pour comprendre des comportements de ces jeunes et de pouvoir un jour réajuster ou reformuler avec d'autres questions. Il apparait que pratiquement pour l'immense majorité leurs décisions sont voulues et personnelles. Un centre de formation universitaire agronomique est arrivé dans cette zone, cependant nous avons ressenti que le mode de vie organisationnelle et décisionnelle des futurs techniciens supérieurs dépend toujours de la forte influence des *Sojabe*. Disons que, dans la société Tsimihety et en général à Madagascar, des Anciens jouent encore un rôle important dans la prise de décision et de gestion des affaires familiales et ancestrales. Leurs positions et leurs omniprésences sont incontournables voire intouchables. Cependant, des étudiants futurs techniciens sont désorientés par cette pratique traditionnelle omniprésence dans la vie courante. La société est bloquée et donc ne s'améliore pas. De l'autre côté, la majorité des étudiants malgré tout montrent des attitudes positives et ils ont une motivation à se former en agronomie et ils sont prêts à travailler la terre et montrent leurs ambitions à devenir des chefs d'exploitation et non plus comme leurs parents le font auparavant. Ils croient en leurs capacités et envisagent de produire mieux que les autres pays et veulent changer le monde agricole malgache.

Devant ces contextes, ils expriment la nécessité des travaux pratiques et le démarrage de la station, qui doit proposer des essais de collections des plantes nouvelles et devient aussi une vitrine et un lieu d'échanges pour les étudiants et tous les acteurs de développement local. Quelle que soient leurs motivations ou leurs ambitions, ces étudiants montrent beaucoup de difficultés d'obtenir un fond de garantie pour lancer leur futur projet. Ils estiment que l'accès aux crédits est encore limité pour eux. Et même si leurs parents ne refusent pas l'innovation, les problèmes fonciers ne leurs permettront pas d'accéder aux crédits bancaires. Par rapport à notre étude, il est certain qu'il aurait été souhaitable de mieux séparer les deux niveaux L1 et L2 lors de notre enquête mais des conditions logistiques nous l'ont interdit. Nous envisagerons de les distinguer pour l'étude suivante. Nous avons à l'avenir l'objectif d'interroger tous les étudiants en agronomie sans distinction, du district de Mandritsara. Mais au-delà de ce point commun appartenance à l'option agronomie il faudra comparer leurs ressentis par rapport à la même cohorte de jeunes de même âge, mais sans formation universitaire. L'avantage de notre présente étude est de nous avoir permis de maitriser les outils enquête et analyse. Notre étude ouvrira d'autres pistes d'analyse et nous envisageons d'étudier : « Comment installer ces étudiants à la fin d'études ? ». Ce sera en moment ou plus en avant il faudra aussi se pencher sur la question de l'accès foncier et du financement à Madagascar. Nous pourrons conserver la même méthodologie en suivant la même population cible pour voir l'impact de cette formation universitaire chez ces jeunes, que ce soit en termes d'efficacité et réussite de la formation acquise. Dans notre recherche, nous n'avons aucunement renié ni effacer la culture malgache, aucunement brûlé les traditions ancestrales. Il n'y a pas besoin non plus d'une profonde réforme culturelle. Madagascar peut sauvegarder son identité culturelle et ses valeurs tout en atteignant un niveau de développement plus élevé. Et nous laissons au système éducatif jouer son rôle majeur dans la transformation des mentalités, des habitudes et l'originalité d'une structure universitaire technique adossée à une station d'expérimentation et de vulgarisation, véritable vitrine à la disposition du monde agricole en est probablement un bon moyen. Nous ne pouvons pas avoir un progrès productif sans l'utilisation des moyens techniques et des mains d'œuvre qualifiées. L'entreprise ne peut pas produire seule ; sans aussi des producteurs et ces derniers ne peuvent pas acheter sans vendre leurs surplus et en effet, il est impossible d'avoir un surplus sans autonomie alimentaire.

Références

[1] Agrawal R. and Srikant R., (1994) Fast algorithms for mining association rules. *In Proc. of the 20th VLDB Conferenc*e, pages 487-499, San Diego, Chile.

[2] Agrawal R., Imielinski T., and Swami A., (1993). Mining association rules between sets of items in large databases. *I*n P. Buneman and S. Jajodia, editors, *Proc. of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, volume 22, pages 207-216, Washington, U.S.A.

[3] Bairoch, P. (1971). *Le tiers-monde dans l'impasse.* Editions Gallimard, p.280-281.

[4] Banque Mondiale (2011) : Marchés agricoles à Madagascar : contraintes et opportunités. *Rapport n° 66028*- MG, 20 décembre 2011.

[5] Banque mondiale (2011), Madagascar : Vers un agenda de relance économique, *Policy Notes*, juin

[6] Banque Mondiale (2013), Madagascar : Pour un dialogue sur les enjeux de développement. *Rapport*, juin.
[7] Barberis, C. (1972), Problèmes agricoles de pays en voie de développement : le passage d'une agriculture de subsistance à une agriculture de marché. *Terre Malgache. Tany Malagasy*, volume 13, juillet 1972 pp:1 11
[8] Benaivo, B. (2018), *Dynamique de l'environnement forestier et sa dégradation, dans la région Sofia, au nord de Madagascar : cas de la forêt d'Ambiniviny Mandritsara*, Thèse de Doctorat. Université d'Antananarivo. Madagascar.
[9] Ghib, M. L. (2013), l'autoconsommation, entre politique agricole et politique sociale: interrogations à partir du cas roumain. *Dans POUR*, N°217, p 95 à 113.
[10] Guillaume S. et Papon P.-A., (2013). "Extraction optimisée de règles d'association positives et négatives (RAPN)", *RNTI*,
[11] Hugon, P. (1967), Les blocages socio-culturels en Afrique noire. Revue Tiers-monde, 8, n°31, p.699-709.
[12] Malassis, L. (1959), La politique agricole de 1946 à 1958. La recherche d'une politique agricole. In: *Économie rurale*. N°39-40, 1959. L'économie agricole française 1938 - 1958. pp. 233-251.
[13] Malassis, L. (1958), «Le modèle d'autoconsommation est directement lié à la cueillette et à l'agriculture de subsistance». p.118
[14] Rabemananjara, R. W. (2001), *Le monde malgache : sociabilité et culte des ancêtres*. Edition L'Harmattan. Paris.
[15] Parent, T. (2013), *Etude préliminaire d'un projet de ferme école à Mandritsara*, Mémoire de fin d'études, Bordeaux Aquitaine-France.
[16] PRD (Plan Régional de Développement) de la région Sofia, mis en ligne sur le site officiel Repoblikan'i Madagasikara : www.sofia.gov.mg)
[17] Ralahady B. B. and Totohasina A., (2019). Experimental study of the valid rules according to the measure M_{GK} *in IJCST* vol.3 N°.1
[18] Ralahady B. B. and Totohasina A., (2019). ASI-MGK: Implicative Statistical Analysis tool based on M_{GK} *in IJCST* vol.3 N°.1
[19] Randriamahafaly, R. L. F. (2017), *La population rurale dans la réforme foncière et face aux investisseurs étrangers : Etude de cas d'Analanjirofo-Madagascar*. Thèse de doctorat. Université Picardie Jules Verne à Amiens - France.
[20] Randriamiandrisoa, J & Ballet, J. (2014), Vulnérabilité des ménages à l'insécurité alimentaire et facteurs de résistance : le cas du district de Farafangana à Madagascar. *Ethique et économique/ Ethics and Economics*, 11 (1). Http://ethique-economique.net/
[21] Razafimpahanana, B. (1970), Les fady ou tabous à Madagascar : Etude sociologique et psycho-sociologique, *Annales de l'Université de Madagascar-Lettres*, 11, p.115-126. Antananarivo.
[22] Razanatsoavina, C. (2010). *Regards sur le pouvoir à Madagascar dans le contexte de la décentralisation, étude réalisée dans la région de la Sofia*. Thèse de doctorat. Université Picardie Jules Verne à Amiens - France.
[23] Roubaud, F. (1999), Religion, identité sociale et transition démocratique à Tananarivo : de fidèles en citoyens, *Autrepart*, n°10, p.135-149
[24] Totohasina A. et Feno D. (2008) De la qualité des règles d'association: étude comparative des meures MGK et Confiance, *Actes du 9ème colloque Africain sur la recherche en Informatique et Mathématiques Appliquées*, CARI-2008,561-568

Annexe 1 Questionnaire agronomie

Niveau : L1 ❑1 L2 ❑2
Sexe : H ❑1 F ❑2
Age : 18 ans à 20 ans ❑1 21 ans à 23 ans ❑2
24 ans à 26 ans ❑3 plus de 27 ans ❑4
Distance de votre village et Ville de Mandritsara :
1km ❑1 2km ❑2 5km ❑3 10km ❑4 15km ❑5
20km❑6 25km ❑7 30km ❑8 45km ❑9 plus de 50km ❑10

Attitudes :

Pourquoi vous avez choisi la filière agronomie ?
Choix personnel ❑1
Choix de parents ❑2
Choix d'amis ❑3
Par hasard ❑4
En quoi vous êtes motivés pour faire cette formation ?
Vous êtes prêts à travailler la terre?
Oui ❑1 Non ❑2
Ou êtes-vous envisagés plutôt de devenir un fonctionnaire ?
Oui ❑1 Non ❑2
Vous sentez vous capables d'être un Chef d'exploitation produisant par exemples seulement du riz, ou seulement de l'arachide, ou seulement de la vanille,
Oui ❑1 Non ❑2
Vous comptez produire?
❑1 Produire seul à petite échelle une agriculture familiale
❑2 Produire seul en grande échelle dans une entreprise agricole visant l'exportation
❑3 Produire seulement pour aider vos parents

Symboles et valeurs:

Croyez-vous que la culture du riz est plus importante qu'une culture de rente comme la vanille, le cacao, le café, le poivre, le soja, le maïs, l'arachide ?
Oui ❑1 Non ❑2
Croyez-vous que les zébus soient remplaçables par des tracteurs?
Oui ❑1 Non ❑2
Dans votre région, connaissez-vous de :
La Direction régionale d'agriculture et l'élevage
Oui ❑1 Non ❑2
La Direction régionale du Commerce et de la Consommation
Oui ❑1 Non ❑2
Le Prosperer
Oui ❑1 Non ❑2
La Chambre de Commerce et de l'Industrie de la Sofia ❑1
Oui ❑1 Non ❑2
Station d'expérimentation (prévue à Antatatra)
Avez-vous entendu parler de la Station d'expérimentation et de vulgarisation dépendante du centre universitaire de Mandritsara ?
Oui ❑1 Non ❑2
En quoi cette station vous concerne ?
Support pour les travaux pratiques Oui ❑1 Non ❑2
Collections de plantes nouvelles Oui ❑1 Non ❑2
Démonstrations de techniques innovantes Oui ❑1 Non ❑2
Rencontre avec les acteurs du développement Oui ❑1 Non ❑2

Croyance :

Pensez-vous avoir assez de forces vous croire en vous pour produire plus et de bonne qualité ?

Oui ❑1 Non ❑2

Croyez-vous que vos produits pourront être supérieurs aux autres produits importés ?

Oui ❑1 Non ❑2

Estimez-vous que vous seriez bien formés pour mener le changement ?

Oui ❑1 Non ❑2

Estimez-vous que vous pourriez être compétitifs ?

Oui ❑1 Non ❑2

Pouvoir décisionnel :

Avez-vous déjà un emploi, autre qu'aider vos parents ?

Oui ❑1 Non ❑2

Avez-vous déjà un accès au système bancaire ou micro finance ?

Oui ❑1 Non ❑2

Avez-vous suffisamment d'informations sur des opportunités commerciales ?

Oui ❑1 Non ❑2

Avez-vous suffisamment d'informations sur des financements possibles ?

Oui ❑1 Non ❑2

Avez-vous suffisamment d'informations sur organismes d'appui, exemple CCI ?

Oui ❑1 Non ❑2

Avez-vous suffisamment de connaissances en techniques culturales en agronomiques ?

Oui ❑1 Non ❑2

Mode décisionnel

Avez-vous la possibilité de cultiver un terrain ?

Oui ❑1 Non ❑2

Si oui, à qui appartient ce terrain ?

A mes parents ❑1
A mon grand-père ❑2
A un ami ❑3
A la famille ❑4
En location ❑5
Autres ❑6

Qui détient le pouvoir sur le terrain ?

Vos Parents ❑1
Votre Famille ❑2
Autres ❑3

Pensez-vous que vos parents acceptent de mettre en garantie leurs biens (terres, zébus, etc.), si vous vous installez ?

Oui ❑1 Non ❑2

Est-ce que la terre de vos parents actuellement utilisée est juridiquement en sécurité ? (titré et borné)

Oui ❑1 Non ❑2

Votre Chef traditionnel (Sojabe) et à la modernité

Votre Sojabe est-il favorable ou opposé à la :

Nouvelle Technique

Favorable

Oui ❑1 Non ❑2

Opposé

Oui ❑1 Non ❑2

D'après vous, pense-t-il (votre Sojabe) d'utilisation de terres pour les grandes cultures

Favorable

Oui ❑1 Non ❑2

Opposé

Oui ❑1 Non ❑2

Pouvoir local

Le Chef traditionnel (Sojabe) a-t-il encore un pouvoir d'influence sur vous ?

Oui ❑1 Non ❑2

En cas d'opposition, qu'est-ce qui se passe entre vous ?

Il vous met dehors ❑1

Il vous exclut des membres de la famille ❑2

Il ne vous bénit pas ❑3

Autres. ❑4

Le Chef traditionnel (votre Sojabe) a encore un pouvoir d'influence dans la population ?

Oui ❑1 Non ❑2

Annexe 2 Extrait du traitement

L1	L2	H	F	18-20	21-23	24-26	27
59%	36%	58%	34%	25%	42%	15%	12%

Tableau 1 Station d'expérimentation

Codage

L1 : niveau Licence 1ère année

L2 : niveau Licence 2ème année

H : Sex masculin

F : Sex masculin

18-20 : Agé de 18 à 20ans

21-23 : Agé de 21 à 23ans

24-26 : Agé de 24 à 26ans

27 : plus de 27ans

Perso	Parent	Amis	Hasard	Trav Terre	dev fonct	Chef d'expl
84%	14%	0%	4%	70%	58%	84%

Tableau 2 Choix de filière et motivés faire formation

Codage

Perso : Choix personnel

Parent : Choix de parents

Amis : Choix d'amis

Hasard : Par hasard

Trav Terre : Prêts à travailler la terre

dev fonct : Envisage de devenir un fonctionnaire

Chef d'expl : Chef d'exploitation

Agri Fami	Agri Entr	AideParent	riz. imp	zébus. rempl
5%	90%	1%	55%	60%

Tableau 3 comptez produire et Symboles et valeurs

Codage

Agri Fami : Produire seul à petite échelle une agriculture familiale

Agri Entr: Produire seul en grande échelle dans une entreprise agricole visant l'exportation

AideParent: Produire seulement pour aider les parents

Riz. Imp: La culture du riz est plus importante qu'une culture de

Zébus. Rempl : Les zébus soient remplaçables par des tracteurs

DR.Agri	DR.Com	Prosperer	Ch.Comm
53%	47%	927%	36%

Tableau 4 Connaissance de la région

Codage
DR.Agri : La Direction régionale d'agriculture et l'élevage
DR.Com : La Direction régionale du Commerce et de la Consommation
Prosperer : Le Prosperer
Ch.Comm: La Chambre de Commerce et de l'Industrie de la Sofia

StaExpUni	Sup.TP	ColPltNou	TecInov	Act.Dvpt
73%	81%	58%	52%	58%

Tableau 5 Station d'expérimentation

Codage
StaExpUni: Station d'expérimentation et de vulgarisation dépendante du centre universitaire de Mandritsara
Sup.TP: Support pour les travaux pratiques
ColPltNou : Collections de plantes nouvelles
TecInov : Démonstrations de techniques innovantes
Act.Dvpt : Rencontre avec les acteurs du développement

Bn.Qlt	Sup.Pro.Imp	Chgmt	Compttf
85%	77%	75%	75%

Tableau 6 Croyan*ce*

Codage
Bn.Qlt : Produire plus et de bonne qualité
Sup.Pro.Imp: Les produits pourront-être supérieurs aux autres produits
Chgmt: Formés pour mener le changement
Compttf: être compétitifs

JobAidPr	AccsMicrF	SufInfCom	SufInfFin	SufInfOng	SufConTech
26%	7%	21%	26%	23%	29%

Tableau 7 Pouvoir décisionnel

Codage
JobAidPr : un emploi, autre qu'aider vos parents
AccsMicrF : déjà un accès au système bancaire ou micro finance
SufInfCom : suffisamment d'informations sur des opportunités commerciales
SufInfFin : suffisamment d'informations sur des financements possibles
SufInfOng : suffisamment d'informations sur organismes d'appui, exemple CCI
SufConTech : suffisamment de connaissances en techniques culturales en

NouTecFav	NouTecOpp	GdCultOpp	GdCultFav
81%	15%	27%	64%

Tableau 8 Sojabe est-il favorable

Codage
NouTecFav : Sojabe est favorable à la nouvelle Technique
NouTecOpp : Sojabe est opposant à la nouvelle Technique
GdCultFav : favorable à l'utilisation de terres pour les grandes cultures
GdCultOpp : favorable à l'utilisation de terres pour les grandes cultures

SojaInfli	OppDehor	OppExcFam	OppNBeni	OppAutre	SojaAPouv
81%	23%	10%	22%	40%	86%

Tableau 9 Pouvoir local

Codage
SojaInfli : Le Chef traditionnel (Sojabe) a encore un pouvoir d'influence
OppDehor : En cas d'opposition, il vous met dehors
OppExcFam : En cas d'opposition, Il vous exclut des membres de la famille
OppNBeni : En cas d'opposition, Il ne vous bénit pas
OppAutre : En cas d'opposition, autre réaction
SojaAPouv : Le Chef traditionnel (votre Sojabe) a encore un pouvoir d'influence dans la population

PsbCulTerr	TerrPr	TerrGrPr	TerrAmi	TerrFami	TerrLoc	TerrAutr	PvTerrPr	PvterrFami	PvTerrAutr	GaraBien	JuriSecr
71%	52%	18%	1%	11%	7%	1%	63%	15%	7%	75%	48%

Tableau 10 Mode décisionnel

Codage
PsbCulTerr : la possibilité de cultiver un terrain
TerrPr : terrain appartient aux parents
TerrGrPr : terrain appartient au grand-père
TerrAmi : terrain appartient aux amis
TerrFami : terrain appartient à la famille
TerrLoc : terrain en location
TerrAutr : terrain appartient aux autres
PvTerrPr : Les parents détiennent le pouvoir sur le terrain
PvterrFami : La famille détient le pouvoir sur le terrain
PvTerrAutr : Autres personnes détient le pouvoir sur le terrain
GaraBien : parents acceptent de mettre en garantie leurs biens
JuriSecr : la terre de vos parents actuellement utilisée est juridiquement en sécurité

PANORAMA DA FORMAÇÃO DE PROFESSORES NO CAMPO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL A LUZ DA A.S.I.[1]

Cristiana Marinho da COSTA[2], Carmen Roselaine de Oliveira FARIAS[3], Quércia Carvalho ELOI[4,] Vladimir Lira Véras Xavier de ANDRADE[5] e Jean-Claude RÉGNIER[6].

PANORAMA DE LA FORMATION DES ENSEIGNANTS DANS LE DOMAINE DE L'ÉDUCATION ENVIRONNEMENTALE À LA LUMIÈRE A.S.I.

PANORAMA OF TEACHER TRAINING IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL EDUCATION

RESUMO

Esta pesquisa se apoia sobre a análise teórico-metodológica de um estudo com 149 trabalhos sobre a interface da formação de professores e a Educação Ambiental (EA) dos principais eventos nacionais da área (ANPEd, ANPPAS e EPEAs) entre 2001 e 2017. A investigação faz parte de um recorte teórico da dissertação de mestrado da autora principal. Para abordar esta temática nos reportamos a referências teóricas que consideram a dimensão ambiental essencial para a educação em todos os níveis, fundamentando-se na análise crítica da realidade socioambiental e suas demandas atuais. Os dados obtidos foram analisados a partir da abordagem da Análise Estatística Implicativa – A.S.I., utilizando o software CHIC 6.0. Essas análises modelizadas com o software CHIC 6.0 e articuladas à hermenêutica interpretativa dos sujeitos pesquisados nos leva a compreensão da produção teórica do fenômeno em estudo, em especial no que se refere aos pressupostos teórico-metodológicos da produção ambiental voltada para formação de professores, tendo como base as relações de quase-implicação entre as variáveis na perspectiva de entender as tendências, lacunas e vieses sobre o tema abordado.

Palavras-chave: *Formação de Professores, Educação Ambiental, Análise Estatística Implicativa.*

RÉSUMÉ

Cette recherche est basée sur l'analyse théorique et méthodologique d'une étude comportant 149 travaux sur l'interface entre la formation des enseignants et l'éducation à l'environnement (EA) des principaux événements nationaux de la région (ANPEd, ANPPAS et EPEA) entre 2001 et 2017, fait partie d'une coupe théorique de la thèse de l'auteur principal du master.

1Esta pesquisa contou com o apoio da CAPES/CNPQ através da bolsa PVE para o programa PPGEC -UFRPE.

2Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife (PE) - Brasil, cmcmarinhos@gmail.com

3Departamento de Biologia/Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE, Brasil, crofarias@gmail.com

4 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife (PE) - Brasil, querciacarvalho2012@gmail.com

5 Departamento de Matemática/Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE, Brasil, vladiandrade@gmail.com

6 Pesquisador Visitante Especial PVE/CAPES no PPGEC/UFRPE (Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco) – UMR5191 – ICAR Université Lumiere Lyon 2 (FRA) jean-claude.regnier@univ-lyon2.fr - National Research Tomsk State University (Tomsk – Sibérie - Russie)

Pour aborder cette question, nous nous référons à des références théoriques qui considèrent la dimension environnementale essentielle pour l'éducation à tous les niveaux, sur la base d'une analyse critique de la réalité socio-environnementale et de ses exigences actuelles. Les données obtenues ont été analysées à la lumière du cadre théorique - A.S.I., à l'aide du logiciel CHIC 6.0. Ces analyses, modélisées avec le logiciel CHIC 6.0 et liées à l'herméneutique interprétative des sujets étudiés, permettent de comprendre la production théorique du phénomène à l'étude, notamment en ce qui concerne les hypothèses théoriques et méthodologiques de la production environnementale destinées à la formation des enseignants et de fonder les relations de quasi-implication entre les variables dans la perspective de comprendre les tendances, les lacunes et les biais sur le sujet traité.

Mots-clés : *Formation des enseignants, Education à l'environnement, Analyse statistique implicative.*

ABSTRACT

This research is based on the theoretical-methodological analysis of a study with 149 works on the interface of teacher education and Environmental Education (EA) of the main national events of the area (ANPEd, ANPPAS and EPEAs) between 2001 and 2017. Research is part of a theoretical cut of the master's dissertation of the main author. To address this issue we refer to theoretical references that consider the environmental dimension essential for education at all levels, based on the critical analysis of the socio-environmental reality and its current demands. The data obtained were analyzed using the Statistical Implication Analysis - A.S.I., using CHIC 6.0 software. These analyzes, modeled with the CHIC 6.0 software and linked to the interpretive hermeneutics of the subjects studied, lead us to an understanding of the theoretical production of the phenomenon under study, especially with regard to the theoretical and methodological assumptions of environmental production aimed at teacher training. base relations of near-implication between variables in the perspective of understanding the trends, gaps and biases on the topic addressed.

Keywords: *Teacher Education, Environmental Education, Statistical Implicative Analysis.*

1 Introdução

Desde meados dos anos 80 é recorrente o debate acerca da formação de professores no campo educacional em que se questiona a função da escola, o papel social do docente, políticas públicas e seus reflexos nos diversos níveis de educação, saberes docentes, currículos e a relevância da formação inicial e continuada. Nesse aspecto, por ser a formação de professores um tema tão relevante na Educação, por sua vez, essa necessita de um modelo efetivo de formação docente que vá além de mero adestramento e que repense os processos de ensino-aprendizagem, ambientalização da inserção curricular e tematização da formação de professores no campo da produção científica.

Diversos autores problematizaram a formação de professores no campo da educação ambiental, em diversas perspectivas teórico-políticas no âmbito da produção científica da área (CARVALHO, 1989; SORRENTINO,1995; MEDINA; PENTEADO 2000; Sato, 2002; Loureiro, 2004) endossando a importância da inserção da temática ambiental na formação de professores, em razão da ressignificação das práticas docentes com inovações e abordagem socioambiental sobre o cotidiano escolar e a dimensão curricular.

Apesar da relevância da educação ambiental, essa é considerada um desafio no âmbito formativo no que se refere à configuração do processo baseado em abordagem inter e/ou transdisciplinar de perspectiva vivencial, transformadora, humanística envolvendo todos os atores e meio ambiente numa dinâmica complexa que reflete a diversidade na unidade, em detrimento do velho pensamento linear de formação (TRISTÃO,2007). Nossa

proposta de pesquisa é compreender como se configura a produção científica acerca da formação de professores no campo da educação ambiental no recorte temporal de 2001 a 2017, no que diz respeito às tendências teórico-metodológicas expressas nas pesquisas da área. Assim, buscaremos construir um repertório de análises que possam nos oferecer uma visão panorâmica desse campo emergente de produção científica em EA.

2 Pressupostos teóricos nas pesquisas em Educação Ambiental e Formação de Professores

No cenário atual, observa-se um paradigma em relação à formação de professores, em especial, quando se trata de cursos estruturados em racionalidade técnica, tradicional. Dessa forma, com base no que as pesquisas atuais estão apontando, várias são as propostas de superação desse modelo clássico, que não responde mais às demandas atuais de educação (CARVALHO; GIL PÉREZ, 1993).

Esses novos estudos que vêm crescendo nos últimos anos, ainda que com diferentes propostas teóricas-metodológicas, estão voltados para planificação e reflexão que versam sobre o processo de ensino-aprendizagem em dimensões dos processos de pensamento, juízo, tomadas de decisão, sejam de forma interativa ou não (MIZUKAMI et al, 1998; MARCELO, 1999).

De acordo com a perspectiva de Lima e Reali (2002) essas pesquisas que trazem inovação de propostas teóricas-metodológicas vêm contribuindo para novas dimensões de ensino-aprendizagem e tornam-se objeto de pesquisa e de formação ao contemplar uma abordagem processual, complexa, contínua permeada de oscilações em diferentes circunstâncias, como também, ao valorizar tanto a experiência pessoal de vida, quanto a prática profissional. Sendo consideradas fontes relevantes de aprendizagem, construção ativa de identidade e de saberes profissionais por parte dos educadores. Logo, esses aspectos são caracterizados como imprescindíveis, nas propostas de formação na atualidade e em especial na educação ambiental.

Ao repensar a educação ambiental relacionada à formação docente encontramos nessa interface a possibilidade de alternativa para transformação social. Remetendo-nos a necessidade de articular a práxis educacional com o contexto socioambiental e a inserção curricular de uma educação crítica.

Em virtude dessa complexidade de trabalhar a intersecção de duas dimensões: ambiental e educacional somos levados a refletir sobre o papel da formação de professores considerada uma peça chave para efetivação do fenômeno educacional.

Fenômeno educacional esse que se materializa através da formação, programas, práticas coletivas e colaborativas, disciplinas escolares, ou seja, de uma pedagogia institucionalizada, como também, do repertório particular de experiências vivenciadas ao longo da vida, que em hipótese alguma podem ser desconsideradas (TARDIF, 2000),

Assim a formação docente, caracteriza-se como um processo complexo de ressignificação da aprendizagem e do desenvolvimento profissional, não sendo exclusividade de nenhuma teoria geral de aprendizagem e muito menos pautada no mero acúmulo de informações. Consequentemente, as pesquisas atuais vêm se estruturando numa linha investigativa de formação que busca compreender os aspectos que envolvem esse processo (MIZUKAMI, 2000).

Numa ótica em que o desenvolvimento profissional e a formação docente é lidar com a complexidade do ser humano, com a formação de um indivíduo passivo de

transformações de si e de sua realidade, em que o mesmo deve ser protagonista dessas transformações (PLACCO, 2008).

Essa perspectiva segundo Gadotti (2001), conduz a certas indagações: como ocorre essa formação do educador, em que os cursos de formação consistem em métodos, técnicas, meios de ensinar, orientar, supervisionar ou coordenar uma sala de aula, mas evitam a questão política da educação.

Fávero (1981) endossa ao ressaltar que a formação do educador não ocorre de uma só vez, sendo essa constituída por um processo que vai além do interior de um grupo, e muito menos através de um curso, é consequência da soma de condições históricas.

Então somos levados a compreender, que para uma formação docente substancial, esta precisa ultrapassar uma lógica aristotélica e se caracterizar como um ato político, muitas vezes fruto de momentos históricos.

De acordo com Candau (1996) essas novas perspectivas do desenvolvimento profissional docente, classificam-se em quatro categorias fundamentais: a reflexão sobre a prática, a valorização dos saberes docentes, a autonomia do professor e a escola como referência da formação.

No entanto, para que ocorra essa educação voltada para uma sociedade democrática é preciso estar atento às questões emergentes que versam sobre repensar, construir e reconstruir a prática docente no cotidiano escolar em detrimento dos planejamentos inflexíveis e burocráticos da dinâmica escolar (LÜDKE, 2001).

Em virtude, dessas práticas docentes de resultados insatisfatórios, em que as articulações das práticas aos saberes docentes não respondem as demandas atuais de ensino, que buscam quebra de paradigmas hegemônicos de formação de professores que se distanciam das necessidades educativas da atualidade. Assim, emergem urgência de pesquisas e investigações na área para que possam fortalecer o processo de formação docente pautado em atender as demandas sociais atuais.

3 Modelagem das variáveis e construção dos dados

Este estudo teve por objetivo analisar as tendências dos trabalhos que enfocam a formação de professores na área da educação ambiental reconhecendo sua composição temática e bases teórico-metodológicas. A seguir, apresentamos os procedimentos metodológicos utilizados nessa investigação.

3.1 Descrição da Amostra

Essa etapa consiste em revisar, nos trabalhos publicados nos Anais da ANPEd, ANPPAS e EPEA, no período de 2001 a 2017, aqueles que fazem referência ao recorte nas relações em educação ambiental e formação de professores. A seleção dos trabalhos e a definição do *corpus* de análise atendeu à sistematização prévia constante no Banco de Dados, acessando-se, inicialmente, os trabalhos inseridos na categoria “EA na formação de professores/educadores”, a qual inclui “pesquisas que tematizam programas, políticas públicas e atividades voltadas para a formação docente” (CARVALHO; FARIAS, 2011). Contudo, a fim de acurar o procedimento de definição do corpus de análise, procedeu-se a uma revisão geral do Banco de Dados, em especial, no âmbito das categorias referentes ao ensino formal, na busca de identificar outros possíveis trabalhos atinentes à relação entre EA e formação de professores. Desse modo, foi realizada uma revisão no título, resumo e palavras-chave. Utilizando-se os seguintes termos como critérios de seleção:

educação ambiental, formação de professores, formação inicial, formação continuada, formação docente, formação em serviço, licenciatura.Desse procedimento resultou a definição de 149 trabalhos, dos quais são: 25 trabalhos da ANPEd, 16 trabalhos da ANPPAS e 108 do EPEA, totalizando o corpus do presente trabalho.

3.2 Instrumento de análise dos dados

Essa etapa consistiu na utilização da análise estatística implicativa, sinalizando tendências por meio das relações de quase-implicação "causa-efeito" que nos permite fazer inferências através dos descritores. O conceito de implicação estatística ou, mais precisamente, o conceito de "quase-implicação" serve para diferenciar da implicação lógica dos domínios da lógica e da matemática. Este conceito de quase-implicação encontra-se centralizado na construção de ferramentas teóricas que instrumentam um método de análise de dados.

4 Construção e tratamento dos dados

Organizamos a construção e tratamento dos dados em 2 parte, a construção das variáveis e procedimento dos tratamentos dos dados.

4.1 Construção das variáveis

Temos como objetivo nessa seção descrever como foram construídas as variáveis e apresentar um quadro com as variáveis encontradas e uma descrição das mesmas.

Descrição		
Ano	Publicações de 2001	A_2001
	Publicações de 2002	A_2002
	Publicações de 2003	A_2003
	Publicações de 2004	A_2004
	Publicações de 2005	A_2005
	Publicações de 2006	A_2006
	Publicações de 2007	A_2007
	Publicações de 2008	A_2008
	Publicações de 2009	A_2009
	Publicações de 2010	A_2010
	Publicações de 2011	A_2011
	Publicações de 2012	A_2012
	Publicações de 2013	A_2013
	Publicações de 2014	A_2014
	Publicações de 2015	A_2015
	Publicações de 2016	A_2016
	Publicações de 2017	A_2017

Quadro 1a– Descrição das variáveis construídas

Descrição		Variável
Eventos	Anais daANPEd	EV_ANPEd
	Anais da ANPPAS	EV_ANPPAS
	Anais daEPEAs	EV_EPEAs
Temática	Tema Concepções e Sentidos	TM_CONCEPSENT
	Tema Interdisciplinaridade	TM_INTERDISC
	Tema Currículo	TM_CURR
	Tema Educação Jovens e Adultos	TM_EJA
	Tema Avaliação na Formação Docente	TM_AFD
	Tema Prática Docente	TM_PRATDOC
Tipo de Pesquisa	Tipo de Pesquisa Etnográfica	TP_ETN
	Tipo de Pesquisa Ação Participante	TP_AP
Natureza da Pesquisa	Natureza da Pesquisa Empírica	NAT_EMP
	Natureza da Pesquisa Ensaio Teórico	NAT_ENSTEOR
Instrumento de Pesquisa	Instrumento Questionário	INST_QUEST
	Instrumento Observação	INST_OBS
	Instrumento Entrevista	INST_ENT
	Instrumento Roda de Conversa	INST_RC

Quadro 1b– Descrição das variáveis construídas

4.2 Procedimentos de tratamento das variáveis por meio da A.S.I

Nesta pesquisa, faremos uso do software CHIC com objetivo de tratar os dados produzidos. Essa ferramenta complementará a análise descritiva e qualitativa, contemplando conexões, aproximações, interligações e distanciamento através dos resultados gerados pela aplicação do software, principalmente, às categorias.

O software (CHIC) tem a função de extrair implicações através de sujeitos e variáveis que se cruzam e que no contexto teórico da ASI são organizados em gráficos e hierarquias. Consequentemente, esses gráficos ajudam o pesquisador na articulação das relações entre variáveis e sujeitos que de acordo com o referencial utilizado, podem fazer emergir novos conhecimentos que às vezes estão escondidos num universo abrangente de dados (VALENTE; ALMEIDA,2015).

5 Análise dos resultados

Apresentamos a seguir a análise dos resultados.

5.1 Exploração das relações de quase-implicação observadas

Na ASI os dados são apresentados por meio de grafos. Na construção do grafo implicativo consideramos o valor mínimo do índice de implicação como sendo 0,8. As setas foram agrupadas em cores, de acordo com o valor do índice, conforme Figura 1.

Na construção do grafo implicativo consideramos o valor mínimo do índice de implicação como sendo de 0,80, tendo em vista o número de variáveis utilizadas procuramos os valores mais altos como forma de seleção das relações mais fortes. As setas foram agrupadas em cores, conforme o valor do índice. Assim temos:

Na figura 1, apresentamos o grafo implicativo gerado no CHIC com base nos critérios já indicados.

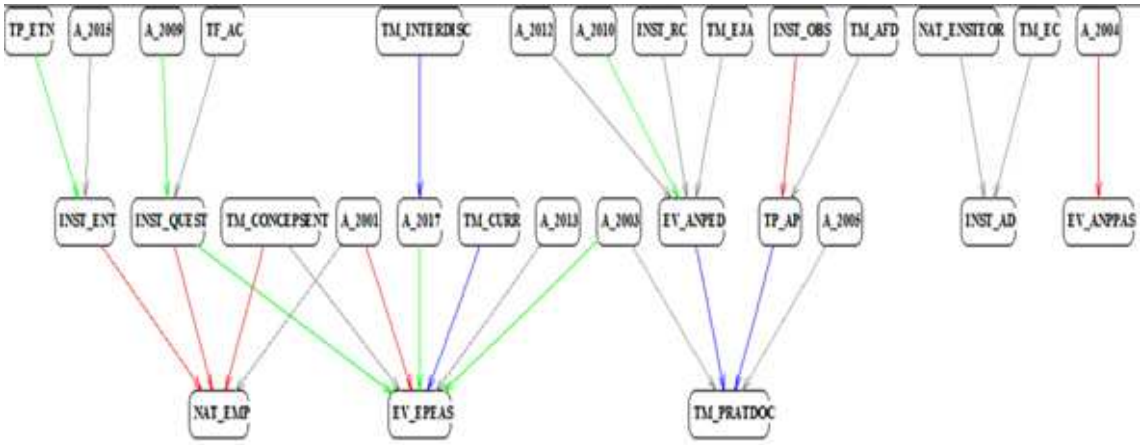
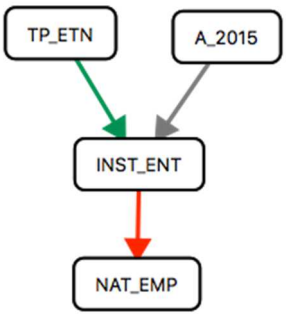


Figura 1 – Grafo implicativo. Vermelho ≥ 0,95 - 0,95 >Azul ≥ 0,90 - 0,90 > Verde ≥ 0,85 - 0,85 > Cinza ≥ 0,80 Fonte: Dados da pesquisa

Com base no grafo acima, apresentamos abaixo as análises por ramos:

1



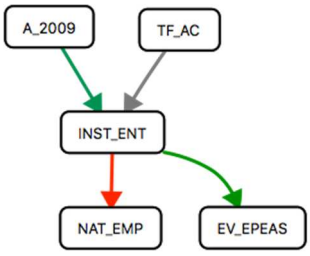
TP_ETN ⇒ INST_ENT ⇒ NAT_EMP

Observamos nessa relação de implicação que quando temos pesquisa do tipo etnográfica (TP_ETN) temos uma tendência ao instrumento ser entrevista (INST_ENT);

Também se pode observar as publicações de 2015 (A_2015) tinham uma tendência a utilizarem como instrumento a entrevista (INST_ETN);

Observa-se nesse grafo que as pesquisas apresentadas que utilizaram como instrumento a entrevista (INST_ETN) tinham uma propensão de ser de natureza empírica (NAT_EMP).

2

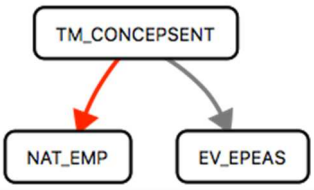


A_2009 ⇒ INST_ENT ⇒ NAT_EMP

No ano de 2009 temos uma tendência às pesquisas utilizarem como instrumento a entrevista e termos uma tendência de pesquisa de natureza empírica;

O tipo de ferramenta análise de conteúdo (TF_AC) demonstrou uma tendência para instrumento entrevista (INST_ENT) no evento EPEA (EV_EPEAS) em que esse tipo de instrumento demonstrou tendência as pesquisas de natureza empírica.

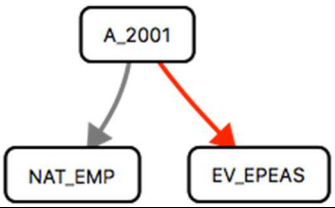
3



TM_CONCEPSENT ⇒ NAT_EMP ⇒ EV_EPEAS

Na temática concepções e sentidos temos uma tendência às pesquisas de natureza empírica eventos EPEAS;

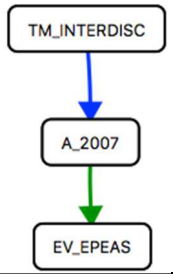
4



A_2001 ⇒ NAT_EMP ⇒ EV_EPEAS

No ano de 2001 temos uma tendência às pesquisas de natureza empírica e evento EPEAS.

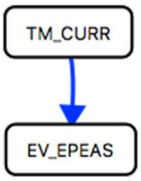
5



TM_INTERDISC ⇒ A_2007 ⇒ EV_EPEAS

Na temática interdisciplinaridade no ano de 2007 temos uma tendência ao evento EPEAS.

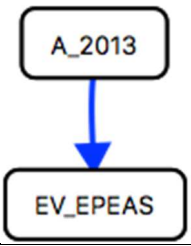
6



TM_CURR ⇒ EV_EPEAS

Na temática Currículo temos uma tendência ao evento EPEAS.

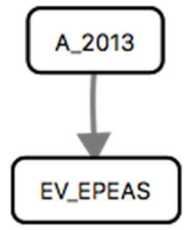
7



A_2013 ⇒ EV_EPEAS

No ano de 2013 temos uma tendência ao evento EPEAS.

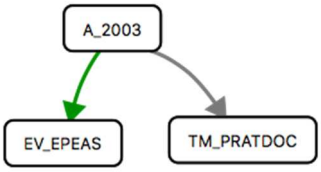
8



A_2013 ⇒ EV_EPEAS

No ano de 2013 temos uma tendência ao evento EPEAS.

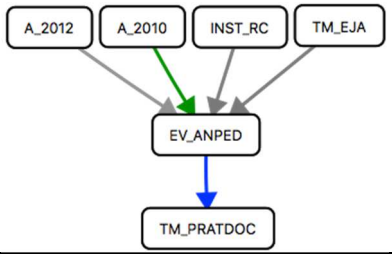
9



A_2003 ⇒ EV_EPEAS ⇒ TM_PRATDOC

No ano de 2003 temos uma tendência ao evento EPEAS e a temática Prática docente.

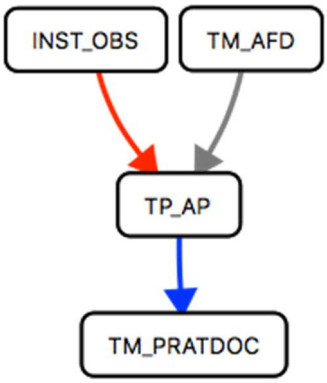
10



A_2012 ⇒ A_2010 ⇒ INST_RC ⇒ TM_EJA ⇒ EV_ANPED⇒ TM_PRATDOC

Nos anos de 2012 e 2010, o instrumento roda de conversa e temática de educação jovens e adultos tendenciaram ao evento ANPEd e a temática Prática docente.

11



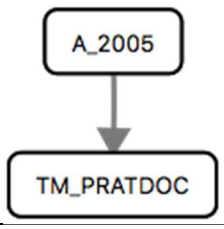
INST_OBS ⇒ TP_AP ⇒ TM_PRATDOC

O tipo de instrumento observação demonstrou uma tendência ao tipo de pesquisa ação participante que tendenciou a temática Prática docente.

TM_AFD⇒ TP_AP ⇒ TM_PRATDOC

A temática Avaliação na formação docente demonstrou uma tendência ao tipo de pesquisa ação participante que tendenciou a temática Prática docente.

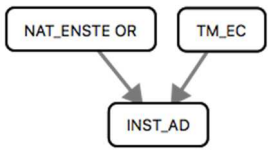
12



A_2005 ⇒ TM_PRATDOC

No ano de 2005 temos uma tendência a temática Prática docente.

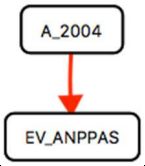
13



NAT_ ENSTEOR ⇒ INST_AD
TM_EC ⇒ INST_AD

Na pesquisa de natureza teórica e temática Ensino das Ciências temos uma tendência ao instrumento análise discursiva.

14



A_2004 ⇒ EV_ANPPAS

No ano de 2004 temos uma tendência ao evento ANPPAS.

Podemos inferir através da ASI, num contexto geral, uma forte tendência nos eventos investigados a utilizarem pesquisas de natureza empírica e tipo de pesquisa ação participante, sinalizando a preocupação dos pesquisadores em desenvolver temas, tipos de pesquisas e ferramentas metodológicas voltados predominantemente para metodologias ativas. Evidenciadas através de pesquisas de natureza empírica com abordagens em temas relacionados a prática docente e avaliação na formação docente. Temas que sinalizam fragilidades e a importância de se repensar a necessidade de envolvimento e articulação entre pesquisa, prática e formação. No caso específico do evento EPEAs, houve tendência a temas como interdisciplinaridade, evidenciado recentemente no ano de 2017, e dimensão curricular implicando em preocupação por parte dos pesquisadores desses temas e destaque para importância de práticas interdisciplinares e inclusão da dimensão ambiental no currículo. Já no evento ANPEd tendenciaram temas como prática docente e educação jovens e adultos (EJA) também, demonstrando preocupação no fortalecimento das práticas em EA, sendo alvo de fragilidades na atuação docente.

6 Considerações finais

Na pesquisa, ora relatada, analisamos os pressupostos teórico-metodológicos da produção ambiental voltada para formação de professores em eventos nacionais no período de 2001 a 2017.

Nessa direção, evidenciamos que a maior parte das pesquisas são de natureza empírica e com metodologia de ação participante apresentando temas como prática docente, avaliação na formação docente e dimensão curricular.

Com a finalidade de conclusão dessa pesquisa pode-se apontar como alvo de preocupação fragilidades na prática docente, avaliação na formação docente e currículo na interface entre a dimensão Ambiental e formação de professores. Estas pesquisas remetem-nos para importância de práticas educacionais interdisciplinares e diferenciadas, atualização no modelo atual de formação que possam atender as demandas socioambientais atuais e inserção da ambientalização curricular de forma mais efetivas.

E nos sinaliza caminhos para um formato de formação e prática docente no ambito ambiental pautados nos itens elencados abaixo:

- Promoção de processos de ensino-aprendizagem que incluam a transdisciplinaridade e interdisciplinaridade como elementos essenciais para viabilização da EA em que possam permear práticas pautadas em valores, participação política, dialogicidade voltadas para as problemáticas eco-sócio-ambientais;
- Priorizar o profissional, a valorização e a identidade docente permitindo-lhes a possibilidade de autoconstrução de sua imagem e respeitabilidade da profissão;
- Inserção da dimensão ambiental como fenômeno educativo e social que ocorre no interior das relações sociais e que se constitui de forma crítica, transformadora e emancipatória em que permita uma complexa dinâmica, inerente ao processo educativo fundamentado na ação-reflexão-ação para se materializar em significados concretos da realidade socioambiental;
- Desconstrução de abordagens antropocêntricas e utilitaristas da natureza em detrimento da relevância histórica da discussão ambiental;
- Superação da formação docente em relação às abordagens normativas, prescritivas e que estas busquem caminhos que promovam oportunidade efetiva para construção tanto do docente, quanto para as reflexões, reconstruções e aprofundamentos, pois o formato de formação vigente apresenta fragilidades em caráter emergencial;
- Necessidade de novos interlocutores, pois não é mais aceitável continuar repetindo as mesmas normas, regras, fórmulas e modelos sem se preocupar em fazer as ressignificações necessárias a conjuntura atual de educação ambiental;
- Construção de um currículo ambientalizado no cotidiano das diversas IES, numa perspectiva crítica de EA em que a atuação docente, seja como protagonista de dinamização do processo de transformações socioambientais;
- Pertencimento da docência a dimensão ambiental para que ocorram congruências socioeducaionais e ambientais;
- Configuração de formação docente pautada em referenciais próximas da realidade do professor;
- Preocupação com proposta teórico-metodológica de formação docente em EA que seja baseada em implementação efetiva de políticas públicas; desenvolvimento de reflexão teórica a respeito dos referenciais teórico-metodológicos utilizados; delineamento dos processos de modo que estejam em consonância com os referenciais teórico-metodológicos abordados e com articulação crítica dos educadores com intuito de evitar paradigmas epistemológicos reprodutivistas que não conseguem atender às dinâmicas sociais contemporâneas.

Para tal feito, tendo como base as relações de quase-implicação entre as variáveis na perspectiva de entender as tendências, lacunas e vieses sobre o tema abordado.

Referências

[1] CANDAU, V. M. F. Formação continuada de professores: tendências atuais. In: REALI, A. M. M. R.; MIZUKAMI, M. G. N. (Org.). *Formação de professores: tendências atuais*. São Carlos: EDUFSCar, 1996. p. 139-52.

[2] CARVALHO, I. C. de M.; FARIAS, C. R. de O. Um balanço da produção científica em educação ambiental de 2001 a 2009 (ANPEd, ANPPAS e EPEA). *Revista Brasileira de Educação*, v. 16, n. 46, 2011.

[3] CARVALHO, A. M. P. de.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de Ciências*.São Paulo: Cortez Editora, 1993.

[4] CARVALHO, L. M. *A temática ambiental e a escola de 1º grau*. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, São Paulo, São Paulo, 1989.

[5] FÁVERO, M. de L. Sobre a formação do educador. *A formação do educador: desafios e perspectivas*. Rio de Janeiro: PUC, Série Estudos, 1981.

[6] LIMA, S. M.; REALI, A. M. O papel da formação básica na aprendizagem profissional da docência (aprende-se a ensinar no curso de formação básica?). In: MIZUKAMI, M. G.; REALI, A. M. (Org.). *Formação de professores, práticas pedagógicas e escola*. São Carlos: EdUFSCar, 2002. p. 217-236.

[7] LOUREIRO, C. F. B. *Trajetória e fundamentos da educação ambiental*. São Paulo: Cortez, 2004.

[8] LÜDKE, M. O professor, seu saber e sua pesquisa. *Educação & Sociedade*, Campinas: Unicamp. v. 22, n. 74, p. 77-96, abr./2001.

[9] MARCELO, C. *Formação de professores para uma mudança educativa*. Porto: Porto Editora, 1999.

[10] MEDINA, N. M. Os desafios da formação de formadores para a Educação Ambiental. In.: PHILIPPI JÚNIOR, A.; PELICIONI, M.C.F. (Orgs.). *Educação Ambiental: desenvolvimento de cursos e projetos*. São Paulo: Signus, 2000. p. 9-32.

[11] MIZUKAMI, M.G.N. et al. *A reflexão sobre a ação pedagógica como estratégia de modificação da escola pública elementar numa perspectiva de formação continuada no local de trabalho*. ENDIPE, IX, 1998, Lindóia, Anais, p.490-509.

[12] MIZUKAMI, M. G. N. Casos de ensino e aprendizagem profissional da docência. In: ABRAMOWICZ, A.; MELLO, R. R. (Org.). *Educação: pesquisas e práticas*. Campinas, SP: Papirus, 2000. p. 139-161.

[13] PENTEADO, H. D. *Meio ambiente e formação de professores*. São Paulo: Cortez, 2000.

[14] PLACCO, V. M. N. de S. Processos multidimensionais na formação de professores. In.: ARAÚJO, M. I. O.; OLIVEIRA, L. E. (Orgs.). *Desafios da formação de professores para o século XXI: o que deve ser ensinado? o que deve ser aprendido?* Sergipe: Universidade Federal de Sergipe/CESAD, 2008.

[15] SATO, M. *Educação Ambiental*. São Carlos: Rima, 2002.

[16] SORRENTINO, M. *Educação ambiental e Universidade: um estudo de caso*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

[17] TARDIF, M. *Saberes docentes e formação profissional*. 4. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2000.

[18] TRISTÃO, M. *Educação Ambiental na formação de professores: redes de saberes*. São Paulo: Annablume, Vitória: FACITEC, 2007.

[19] VALENTE, J. A., ALMEIDA, M. E. B. (2015). *Uso do Chic na Formação de Educadores: à guisa de apresentação dos fundamentos e das pesquisas e foco*, Letra Capital, Rio de Janeiro.

DESENVOLVIMENTO DO LETRAMENTO ESTATÍSTICO: UM ESTUDO NO QUADRO A.S.I. NA PERSPECTIVA DE ATITUDES POSITIVAS E NEGATIVAS DE ESTUDANTES EM RELAÇÃO À ESTATÍSTICA

Leonardo DALLA PORTA[1], Jean-Claude RÉGNIER[2] e Silvia Maria de Aguiar ISAIA[3]

DÉVELOPPEMENT DE LA LITTÉRACIE STATISTIQUE : UNE ÉTUDE DANS LE CADRE A.S.I. DANS LA PERSPECTIVE DES ATTITUDES POSITIVES ET NÉGATIVES D'ÉTUDIANTS ENVERS LA STATISTIQUE.

DEVELOPMENT OF STATISTICAL LITERACY: A STUDY IN THE FRAMEWORK A.S.I. IN THE PERSPECTIVE OF POSITIVE AND NEGATIVE ATTITUDES OF STUDENTS IN RELATION TO STATISTICS.

RESUMO

Este estudo está relacionado com uma parte do trabalho de uma tese sobre a "Formação do raciocínio estatístico na conceptualização da Estimação Estatística. Estudo exploratório de um dispositivo pedagógico no Ensino Superior" que está ligada, sob o regime de cotutela, ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Franciscana (Santa Maria, RS – Brasil) e a Escola Doutoral ED485 EPIC (Éducation, Psychologie, Information et Communication) em Ciências da Educação da Universidade Lumière Lyon 2 do laboratório UMR5191 ICAR. Apresentamos aqui um estudo sobre a influência das atitudes positivas e negativas dos estudantes, matriculados em uma disciplina de estatística no Ensino Superior, em relação ao desenvolvimento do letramento estatístico. Focamos no estudo sobre o aprendizado da estimação estatística para observar a evolução do letramento estatístico. Baseamos nossa exploração em dados construídos por meio de um questionário que foi aplicado antes e depois da formação sobre estimação estatística em sala de aula. As questões são baseadas em situações-problema relacionadas a estimação estatística e em itens de um questionário de atitudes para a estatística. O tratamento, a análise e as interpretações foram realizadas à luz da Análise Estatística Implicativa, destacando as relações entre as atitudes dos estudantes e o desenvolvimento do letramento estatístico.

Palavras-chave: *Letramento estatístico, estimação estatística, A.S.I.*

RÉSUMÉ

Cette étude est en relation avec les travaux conduits dans le cadre d'une thèse portant sur "La formation du raisonnement statistique à travers la conceptualisation de l'estimation statistique. Étude exploratoire à partir d'un dispositif pédagogique dans l'enseignement supérieur", qui est en régime de cotutelle, et liée au programme d'études supérieurs en sciences et l'enseignement des mathématiques de l'Université Franciscana (Santa Maria, RS – Brésil) et École Doctorale ED485 EPIC (Éducation, Psychologie, Information et Communication) en Sciences de L'Education de l'Université Lumière Lyon 2 et le laboratoire UMR5191 ICAR. Il s'agit ici de présenter une étude sur l'influence des attitudes

[1] Doutorando sob o regime de cotutela entre a Universidade Franciscana e UMR 5191 ICAR Université Lumière Lyon 2 (EPIC – 485), leo-dallaporta@hotmail.com

[2] UMR 5191 ICAR Université Lumière Lyon 2 (France), jean-claude.regnier@univ-lyon2.fr

[3] Universidade Franciscana, silviamariaisaia@gmail.com

positives et négatives des étudiant-es inscrit-es dans un cours de Statistique dans l'Enseignement Supérieur, en relation au développement de la littéracie statistique. Nous avons centré l'étude sur l'apprentissage de l'estimation statistique pour observer l'évolution de la littéracie statistique. Nous avons fondé notre exploration sur des données construites par une enquête par questionnaire. L'enquête a été conduite avant le déroulement de la formation en salle de classe puis répétée après. Les questions sont basées sur des situations-problèmes applicables à l'estimation statistique et sur des items d'un questionnaire d'attitude à l'égard de la statistique. Le traitement, l'analyse des données et les interprétations ont été réalisés à la lumière de l'Analyse Statistique Implicative mettant en évidence des relations entre les attitudes des étudiants et le développement de la littéracie statistique.

Mots-clés : *Littéracie statistique ; estimation statistique, A.S.I.*

ABSTRACT

This study is related to a part of the work of a thesis on the "Formation of statistical reasoning in the conceptualization of Statistical Estimation. An exploratory study of a pedagogical device in Higher Education ", which is linked, under the co-tutelage scheme, to the Postgraduate Program in Science and Mathematics Teaching of the Franciscan University (Santa Maria, RS - Brazil) and the Doctoral School ED485 EPIC Éducation, Psychologie, Information et Communication) in Education Sciences of Lumière Lyon 2 University of UMAR5191 ICAR. We present here a study on the influence of the positive and negative attitudes of the students, enrolled in a discipline of statistics in Higher Education, in relation to the development of statistical literacy. We focused on the study on the learning of statistical estimation to observe the evolution of statistical literacy. We base our exploration on data constructed through a questionnaire that was applied before and after the training on statistical estimation in the classroom. The questions are based on problem situations related to statistical estimation and on items from a statistical attitude's questionnaire. The treatment, analysis and interpretations were carried out in the light of the Statistical Implication Analysis, highlighting the relations between students' attitudes and the development of statistical literacy.

Keywords: *Statistical literacy, statistical estimation, A.S.I.*

1 Introdução

Conceitos e procedimentos estatísticos são usados para colaborar com a descrição e interpretação de inúmeras informações que são difundidas nos mais variados meios de comunicação. Nos últimos anos, como aponta Ignácio (2010), a estatística vem sendo cada vez mais disseminada nas universidades e nos diversos ramos da sociedade moderna. Carzola (2002) afirma que os conceitos e técnicas estatísticas, antes restritas a algumas áreas, nunca estiveram tão presentes na vida do cidadão comum. Diante disso, abre-se uma discussão importante sobre o desenvolvimento do letramento estatístico, que é a competência responsável em habilitar os indivíduos, de um modo geral, para o enfrentamento de situações onde a estatística se faz presente.

Observar o desenvolvimento de uma competência não é tarefa fácil, no entanto, nosso artigo buscou examinar a evolução do letramento estatístico em um contexto de ensino. Dessa forma, investigamos um grupo de estudantes matriculados em uma disciplina de estatística no Ensino Superior. Esses estudantes são oriundos de diversos cursos de graduação, onde a estatística é identificada, segundo Wada (1996), como uma disciplina de serviço que objetiva a instrumentalização de futuros profissionais para o uso adequado das ferramentas estatísticas.

Para examinar a evolução do letramento estatístico, utilizamos como parâmetro a estatística inferencial, mais especificamente o conteúdo de estimação estatística, referente a média e a proporção. Essa escolha, foi devido ao fato de que todos os estudantes pesquisados haviam realizado anteriormente uma formação sobre a estatística descritiva, o que, em tese, já possuíam conhecimentos sobre conceitos e procedimentos básicos da estatística. Utilizamos um questionário como instrumento de observação, que foi aplicado aos estudantes e respondido por eles antes e depois do conteúdo de estimação ser abordado em sala de aula. Esse questionário foi composto por três situações-problema que remetiam ao conteúdo de estimação e por uma questão com afirmações negativas e positivas de cunho afetivo em relação a estatística. Gal & Ginsburg (1994) defendem que os educadores estatísticos deveriam se preocupar mais com os aspectos afetivos do processo ensino-aprendizagem, buscando identificar atitudes e frustações dos estudantes e propondo estratégias que visem reduzir os aspectos negativos. Nesse sentido, nosso artigo relacionou as respostas dadas pelos estudantes nas situações-problema com o sentimento pessoal que cada um manifestou durante as escolhas das frases que mais representavam seu sentimento em relação a estatística.

As informações geradas pelos questionários foram tratadas e exploradas por Análise Estatística Implicativa e fazem parte dos resultados e discussões de uma tese intitulada de "Formação do raciocínio estatístico na conceptualização da Estimação Estatística. Estudo exploratório de um dispositivo pedagógico no Ensino Superior".

2 Letramento estatístico

Ao iniciarmos algumas reflexões sobre o letramento estatístico, vamos diferenciar alfabetização de letramento. De acordo com Soares (2004) a alfabetização é um processo de aprendizagem onde o indivíduo desenvolve a habilidade de ler e escrever, já o letramento é o desenvolvimento do uso competente da leitura e da escrita nas práticas sociais. Sabemos que o letramento, por si só, representa um fenômeno que define a capacidade de compreensão dos indivíduos em relação a importância de possuir o domínio da leitura e da escrita para a tomada de decisões diante de situações cotidianas, tanto no âmbito pessoal como no profissional. Kataoka (2011) argumenta que uma pessoa letrada transforma seu estado cognitivo, social, cultural e econômico, modificando o modo de avaliar informações que chegam ao seu conhecimento.

Uma das primeiras definições colocadas para o termo letramento estatístico vem de Wallmann (1993) que o descreveu como sendo uma competência que ajuda compreender e avaliar criticamente resultados estatísticos que diariamente surgem na vida de todos nós. Watson et al (2003) define o letramento estatístico como sendo a capacidade de entendimento do texto e do significado das implicações contidas nas informações estatísticas inseridas em seu contexto formal, identificando três estágios para que ocorra o seu desenvolvimento, são eles: o entendimento básico da terminologia estatística; o entendimento da linguagem estatística e os conceitos inseridos num contexto de discussão social e o desenvolvimento de atitudes de questionamento nas quais se aplicam conceitos mais sofisticados para contradizer alegações que são feitas sem fundamentação estatística apropriada. Gal (2002) pensa o letramento estatístico refletindo sobre o interesse de indivíduos consumidores de informações estatísticas que aparecem nos mais diferentes meios de comunicação. A proposta do autor, com a qual concordamos, sugere que o letramento estatístico seja composto por um componente cognitivo e por um componente

de disposição, que deverão ser correlacionados para que os indivíduos tenham um melhor desempenho na extração das informações que apresentam argumentos estatísticos.

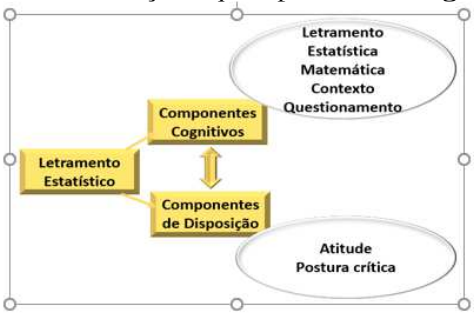


Figura 2 – Componentes do letramento estatístico por Gal (2002), adaptado pelos autores do artigo

Os componentes cognitivos são os encarregados pelas competências que interpretam e avaliam criticamente a informação estatística, sendo compostos por cinco elementos: o letramento, o conhecimento estatístico, o conhecimento matemático, o conhecimento de contexto e a habilidade de elaborar questões críticas. Por sua vez, os componentes de disposição designam as competências para discutir e exprimir os resultados gerados pela informação estatística, sendo compostos por dois elementos: as atitudes que moldam a visão de mundo do indivíduo e a postura crítica, ou seja, a capacidade de gerar questionamentos diante das informações quantitativas que podem ser unilaterais, viesadas ou incompletas, seja de maneira intencional ou não.

Observamos que o letramento estatístico, especificamente em relação a estimação estatística, pode ser explorado quando Gal (2002) disserta sobre os conhecimentos de conceitos e procedimentos básicos de Estatística e Probabilidade, que formam os componentes cognitivos. Ao propor cinco tópicos para abranger os quesitos necessários para a compreensão e interpretação de informações estatísticas, vislumbramos as relações existentes com a estimação estatística, como mostra a Figura 2 a seguir:

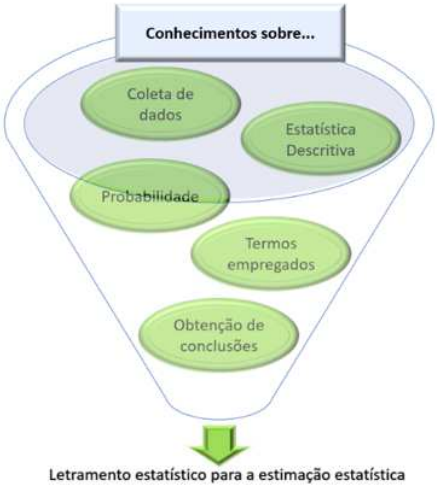


Figura 2 – Tópicos do letramento estatístico para a estimação estatística

O primeiro tópico refere-se ao conhecimento dos motivos e das maneiras pelas quais a coleta de dados aconteceu. A estimação estatística necessita de uma coleta de dados para a constituição de uma amostra e, assim, realizar inferências. Dessa forma, conhecer e entender o processo da coleta de dados é um ponto fundamental para que a estimação estatística aconteça. O segundo tópico aborda a necessidade da familiaridade com as ideias básicas relacionadas com a Estatística Descritiva. Para realizar inferências a

estimação estatística necessita de informações como a média, variância e desvio padrão que são ferramentas advindas da Estatística Descritiva. No terceiro tópico é exposta a necessidade da familiaridade com os termos empregados. Reconhecer e compreender os conceitos de parâmetros e estimadores, por exemplo, é essencial para a aplicação da estimação. O quarto tópico ocupa-se da compressão das noções básicas de probabilidade. A estimação estatística faz uso da probabilidade por meio dos modelos de distribuição de probabilidades para conjecturar informações sobre o comportamento de uma variável em estudo. O quinto e último tópico revela sobre o conhecimento de como as conclusões e inferências estatísticas são obtidas. Diante de uma situação proposta, o indivíduo deve reconhecer a necessidade do uso de estimativas pontuais ou intervalares para conseguir inferir sobre o objeto em estudo.

De modo geral, um indivíduo letrado estatisticamente e apto para efetuar e interpretar estimações estatísticas, deve possuir: conhecimentos da coleta de dados que produziu uma amostra; instrução quanto as ferramentas da Estatística Descritiva que servem de base para a elaboração dos cálculos da estimação; competências probabilísticas para compreender as conjecturas de um contexto analisado; identificação dos agentes empregados e suas funções (estimadores, parâmetros,...) e, por fim, reconhecer as ações mais acuradas para a apuração e interpretação das conclusões.

Identificados alguns dos possíveis tópicos para o letramento estatístico referente a estimação estatística, entendemos que o indivíduo deve receber uma escolarização que supra essas necessidades e dialogue, de forma natural, utilizando informações que se recebe a todo momento. Watson et al (2003) argumentam que o ensino da Estatística deve oportunizar aos estudantes situações que exijam o uso de conceitos estatísticos e probabilísticos para a formação de cidadãos críticos e letrados estatisticamente. Rumsey (2002) interpreta o letramento estatístico introduzindo as ideias de competência estatística e cidadania estatística. De acordo com a autora, além dos conhecimentos básicos das ferramentas estatísticas, a cidadania estatística exige um olhar crítico para as informações, demandando o desenvolvimento do pensamento e do raciocínio estatístico. Dessa forma, para que tenhamos indivíduos capazes de enfrentar situações da vida moderna que exigem o letramento estatístico, é preciso fomentar e investir no ensino para o aperfeiçoamento do raciocínio e do pensamento estatístico.

Rumsey (2002) argumenta que para o desenvolvimento do letramento estatístico, faz-se necessário pensar sempre em outras capacidades correlatas, como o pensamento e o raciocínio, que irão se somar para promover uma melhor compreensão dos conceitos estatísticos. Régnier (1996) indicou um raciocínio estatístico integrador, com observação nas interpretações estatísticas, o que o autor chama de espírito estatístico. Diante disso, elaboramos um esquema para visualizar e definir o papel de cada competência como mostra a Figura 3 a seguir:

	LETRAMENTO	PENSAMENTO	RACIOCÍNIO
Ações relacionadas	Ler Escrever Descrever Interpretar	Planejar Generalizar Vigiar	Questionar Explicar Interpretar resultados
Demanda	Conhecimentos de conceitos e métodos estatísticos	Acompanhamento do processo estatístico, reconhecimento da variação	Indução, dedução, edução e espírito estatístico

Figura 3 – Competências estatísticas

Concordamos com Chance (2002) que percebe o letramento estatístico como a competência que exerce o entendimento e a interpretação da informação Estatística apresentada e apoiamos Silva (2007) que percebe essa competência como dependente do raciocínio e do pensamento estatístico. O letramento estatístico é a competência dos indivíduos de ler, escrever, descrever e interpretar informações estatísticas, cujo nível de percepção será mais apurado, conforme a expansão dos níveis de pensamento e raciocínio. Assentimos com Silva (2007) que observa o avanço bilateral entre os níveis do pensamento e do raciocínio estatístico, levando ao entendimento que essas competências estão mutuamente conectadas. Ao pensamento estatístico, compete o planejamento, a vigia e a generalização durante toda a aplicação de um processo estatístico. O raciocínio estatístico, além da habilidade de trabalhar com as ferramentas e com os conceitos da Estatística, compete interpretar os resultados obtidos por meio dos raciocínios de dedução, indução e edução[4], constituindo um espírito crítico e científico chamado de espírito estatístico.

3 Estimação Estatística

A estatística moderna pode ser compreendida por meio de duas grandes áreas e algumas ramificações como ilustra a Figura 4 a seguir:

[4] Tradução da palavra francesa éduction. Utilizada pela primeira vez por Spearman (1927), tendo como significado o sentido de fazer emergir informações diante de um conjunto de dados sem estrutura aparentemente saliente, ou seja, é a capacidade do indivíduo em detectar relações entre duas ou mais ideias percebidas em um problema ou evocadas da memória.

Figura 4 – Grandes áreas da estatística

Freund (2006) discorre que a estatística descritiva proporciona ferramentas que permitem, de forma sistemática, o tratamento na coleta, na organização, na classificação, na apresentação e na descrição dos dados em qualquer área do conhecimento. Muito embora a estatística descritiva seja um ramo de extrema importância da estatística, os dados levantados em uma pesquisa quase sempre são obtidos de amostras, o que significa a exigência de análises por meio de generalizações que vão além das descrições dos dados. Nesse sentido, encontramos na estatística inferencial, métodos que proporcionam essas generalizações. Tradicionalmente, os problemas de inferência estatística podem ser classificados de acordo com a Figura 5:

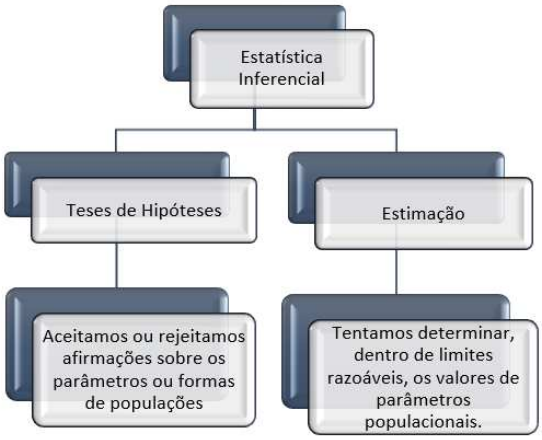


Figura 5 – Classificação tradicional da estatística inferencial

Nossa pesquisa tratou sobre a estimação estatística, que aborda a questão da avaliação de parâmetros a partir de operações com os dados de uma amostra. É um raciocínio tipicamente indutivo, onde se generalizam resultados obtidos na amostra para toda uma população. Dessa forma, podemos tomar a estimação como uma ferramenta estatística que consiste em determinar um valor amostral que substitua o respectivo valor real do parâmetro desconhecido. Observamos que uma estatística é normalmente uma medida descritiva, que é função dos elementos contidos na amostra. Quando uma estatística é usada para avaliar algum parâmetro da população, é também chamada de estimador. Desta forma, pelo fato de depender dos particulares elementos selecionados na amostra, o estimador é também uma variável aleatória. Uma vez realizada uma amostragem, ao valor calculado para o estimador, nesta amostra, dá-se o nome de estimativa.

Existem dois tipos de estimativas: a estimativa pontual e a estimativa intervalar. Chamamos de estimação pontual quando, a partir de uma amostra, um único valor é usado para estimar um parâmetro desconhecido. Um estimador pontual para um parâmetro populacional θ, é geralmente representado por $\hat{\theta}$. Em nossa pesquisa, observamos os estimadores da média e da proporção populacionais ($\mu \; e \; \rho$), que são, respectivamente, $\bar{X}$ e $\hat{p}$.

Nome do estimador	Estimador	Nome do parâmetro	Parâmetro
Média amostral	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$	Média populacional	$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$
Proporção amostral	$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$ onde $X_i = 0$ ou 1.	Proporção populacional	$p = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$ onde $X_i = 0$ ou 1.

Tabela 1 – principais estimadores

Quando encontramos uma estimativa pontual ela raramente coincide com o valor do parâmetro. Uma desvantagem do uso de estimadores pontuais é que, se nenhuma informação adicional for dada, não há maneira de se avaliar o resultado da estimativa, pois não temos nenhuma ideia da sua precisão. Dessa forma, a estimação por ponto não permite ponderar possíveis erros em relação aos parâmetros desconhecidos da população pesquisada. Nesse sentindo, surge a ideia de estabelecer intervalos de confiança que são baseados na distribuição amostral dos estimadores. Para exemplificarmos, construímos, abaixo, a Tabela 2 para a estimação intervalar da média populacional μ (populações finitas e infinitas) considerando dois casos: quando o desvio padrão populacional é conhecido e quando o desvio padrão populacional é desconhecido.

	Média	
	σ conhecido	σ desconhecido
Populações infinitas	$\bar{X} \pm z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$\bar{X} \pm z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$
Populações finitas	$\bar{X} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$\bar{X} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$

Tabela 2 – Estimação intervalar da média populacional

Para populações infinitas a distribuição amostral dos estimadores segue uma distribuição normal padrão (z). Para populações finitas a distribuição amostral segue uma distribuição *t de Student.* Além disso, quando o desvio padrão é desconhecido, utiliza-se um fator de correção $\frac{N-n}{N-1}$.

De modo conciso, apresentamos algumas estruturas básicas sobre a estimação de parâmetros, onde a teoria da probabilidade e conceitos estatísticos como o de população, amostra, média, desvio padrão e outros, são alguns dos fundamentos para a implementação de uma estatística de inferência que ocupa a estimação de parâmetros para tomadas de decisões.

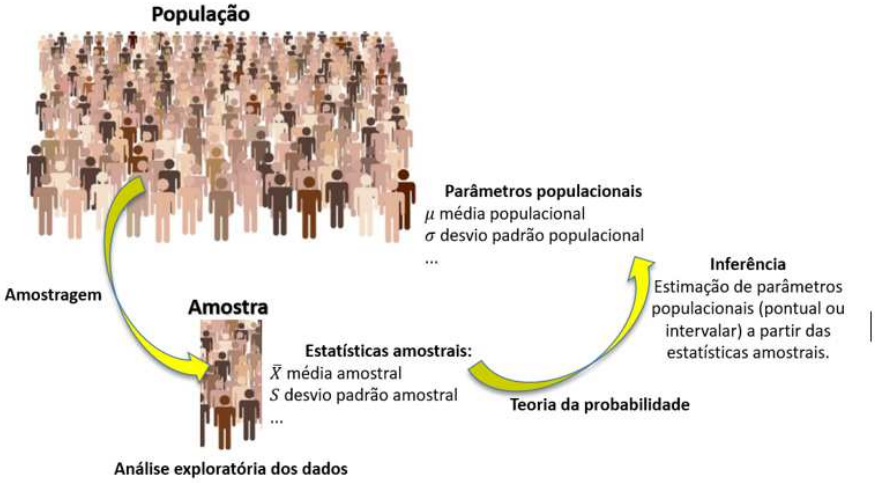


Figura 6 – Esquema da estimação de parâmetros

Diante disso, podemos definir a estimação de parâmetros como um método de decisão que permite estimar características populacionais a partir de dados amostrados de uma determinada população, considerando os diversos fatores que caracterizam os casos a serem observados.

4 Abordagem metodológica: questionários e caracterização dos respondentes

Nossa pesquisa contou com uma amostra de oitenta e um estudantes oriundos dos cursos de graduação das áreas de Ciências Sociais[5] e Ciências Tecnológicas[6], que estavam cursando uma disciplina de Estatística em uma universidade privada da cidade de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Essas disciplinas de estatística foram ministradas pelo primeiro autor dessa pesquisa. Algumas turmas participantes eram compostas por mais de um curso de graduação, dessa forma, foram examinadas quatro turmas, sendo a primeira com trinta e dois alunos do curso de Administração, a segunda com vinte e nove alunos do curso de Ciências Contábeis e seis alunos do curso de Ciências Econômicas, a terceira com cinco alunos do curso de Licenciatura em Matemática e a quarta com seis alunos do curso de Engenharia Química e três alunos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. A identificação dos estudantes foi realizada como mostra a Figura 7.

Grupo 1 – ADMINISTRAÇÃO – **{E01_001, E01_002, E01_003, ..., E01_032}**

Grupo 2 – MATEMÁTICA – **{E02_001, E02_002, E02_003, E02_004, E02_005}**

Grupo 3 – CIÊNCIAS CONTÁBEIS – **{E03_001, E03_002, E03_003, ..., E03_029}**

Grupo 4 – CIÊNCIAS ECONÔMICAS – **{E04_001, E04_002, E04_003, ..., E04_006}**

Grupo 5 – ENGENHARIA QUÍMICA – **{E05_001, E05_002, E05_003, ..., E05_006}**

Grupo 6 – ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA – **{E06_001, E06_002, E06_003}**

Figura 7 – Identificação dos estudantes

[5] Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas

[6] Engenharia Ambiental e Sanitária, Engenharia Química e Matemática

Por se tratar de áreas que formam usuários de Estatística, muitos pesquisadores como Carzola (2002), Batanero (2001) e outros, entendem que a Educação Estatística deve possuir um olhar atento na formação acadêmica desses profissionais que nem sempre é satisfatória no que diz respeito ao letramento estatístico. Uma das premissas apontadas pelos pesquisadores da área é o da importância de compreender o processo de construção do raciocínio e dos conceitos estatísticos para contribuir de forma relevante na aprendizagem da Estatística durante a formação acadêmica desses profissionais. Sendo assim, nossos sujeitos de pesquisa estão contextualizados dentro da Educação Estatística como um público que detém informações pertinentes que podem colaborar com a melhoria do ensino.

Utilizamos um questionário como instrumento para observar o desenvolvimento do letramento estatístico. Esse mesmo questionário foi aplicado duas vezes, sendo a primeira aplicação antes da exposição do conteúdo de estimação e, uma segunda aplicação, depois dos estudantes receberem uma formação sobre estimação por meio de aulas expositivas. Vale salientar que todos os estudantes já haviam sido expostos aos conteúdos que comtemplaram a estatística descritiva. Para o conteúdo de estimação estatística, foram abordados a estimação de parâmetros para a média e para a proporção. As variáveis observadas no questionário foram identificadas por códigos. Dessa forma, como o mesmo questionário foi aplicado duas vezes, utilizamos na frente de cada código a letra "**a**" para identificar a variável "antes" e a letra "**d**" para identificar a variável "depois".

4.1 Modelagem das variáveis do questionário

Antes de responder as situações-problema que remetiam para a estimação estatística, o estudante foi indagado sobre o seu atual sentimento em relação a estatística. Dessa forma, a primeira questão (Figura 8) foi composta por vinte e quatro variáveis (A, B, C, D, ..., V, W e X) que expuseram frases com atitudes positivas e negativas em relação a Estatística. Foi solicitado que os estudantes assinalassem o grau de adesão conforme uma escala composta por seis opções: 1) Absolutamente contra; 2) Não estou bem de acordo; 3) Estou de acordo e 4) Concordo plenamente. Muitos estudos como os de Gal & Ginsburg (1994), Sgoutas-Emch & Johnson (1998), Gonçalez (2002) e outros, apontam que analisar componentes afetivos é fundamental para o estudo de qualquer disciplina, pois podem indicar as causas de certos comprometimentos no desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Entendemos que a afetividade representa um processo interno que engloba outros processos (psicológicos) como são as da motivação e das atitudes. Esses processos exercem um papel importante na cognição dos estudantes, onde as atitudes têm uma forte carga afetiva na sua manifestação, uma vez que é uma resposta dos estudantes a partir de experiências e aprendizados com o objeto da atitude, em nosso caso, a Estatística.

Atualmente, qual o seu sentimento em relação a Estatística?

A	1) Eu não tenho um bom conhecimento em Estatística.	1	2	3	4
B	2) A Estatística é algo que aprecio muito.	1	2	3	4
C	3) Eu me sinto inseguro quando preciso utilizar a Estatística.	1	2	3	4
D	4) Eu tenho uma relação muito boa com a Estatística: eu gosto e aprecio essa disciplina.	1	2	3	4
E	5) Quando estudo Estatística, não consigo pensar claramente pois minha cabeça fica bloqueada.	1	2	3	4
F	6) Quando eu escuto a palavra Estatística eu sinto um sentimento de aversão.	1	2	3	4
G	7) Eu realmente não gosto de matemática.	1	2	3	4
H	8) Pensar em resolver um problema de Estatística me deixa nervoso.	1	2	3	4
I	9) A Estatística é fascinante e divertida.	1	2	3	4
J	10) Eu nunca gostei de Estatística, ela é a disciplina que me causa mais medo.	1	2	3	4
K	11) O sentimento que experimento em relação a Estatística é bom.	1	2	3	4
L	12) Eu tenho medo de Estatística pois tenho medo de Matemática.	1	2	3	4
M	13) Eu acho a Estatística muito interessante e gosto de ir na aula dessa disciplina.	1	2	3	4
N	14) A Estatística me dá segurança e me estimula.	1	2	3	4
O	15) A Estatística me dá a impressão que estou perdido em uma sala cheia de números na qual eu não acho saída.	1	2	3	4
P	16) Eu me sinto bem com a Estatística e gosto muito dessa disciplina.	1	2	3	4
Q	17) Eu estou sempre estressado durante as aulas de Estatística.	1	2	3	4
R	18) A Estatística é uma das matérias que eu realmente gosto de estudar na universidade ou na escola.	1	2	3	4
S	19) Eu não gosto de Estatística e nem de ir nas aulas de Estatística.	1	2	3	4
T	20) A Estatística me provoca um sentimento de indecisão que resulta no meu medo de não ser capaz de ter êxito na disciplina.	1	2	3	4
U	21) Eu me sinto mais feliz com a Estatística do que com as outras disciplinas.	1	2	3	4
V	22) A Estatística me deixa inquieto, descontente, irritado e impaciente.	1	2	3	4
W	23) Eu sou competente em Matemática.	1	2	3	4
X	24) Eu realmente gosto de Estatística.	1	2	3	4

Figura 8 – Questão sobre atitudes positivas e negativas em relação a estatística

Entre as vinte e quatro variáveis que compuseram a primeira situações, treze expressaram atitudes negativas (A, C, E, F, G, H, J, L, O, Q, S, T e V) e onze atitudes positivas (B, D, I, K, M, N, P, R, U, W e X). Assim sendo, as repostas foram observadas de acordo com a atitude envolvida por meio de uma expressão (Figura 9) que padronizou o grau de adesão escolhido pelos estudantes e de onde extraímos o que foi chamado de índice de positividade.

$$\text{índice de positividade} = \frac{65 - (\sum\ grau\ atitudes\ negativas) + (\sum grau\ atitudes\ positivas) - 24}{72}$$

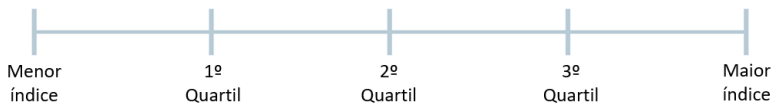


Figura 9 – Índice de positividade

Descobertos todos os índices de positividade (antes e depois), ocupamos, de forma arbitrária, os quartis para estabelecer quatro zonas de comportamento como mostra a Figura 10.

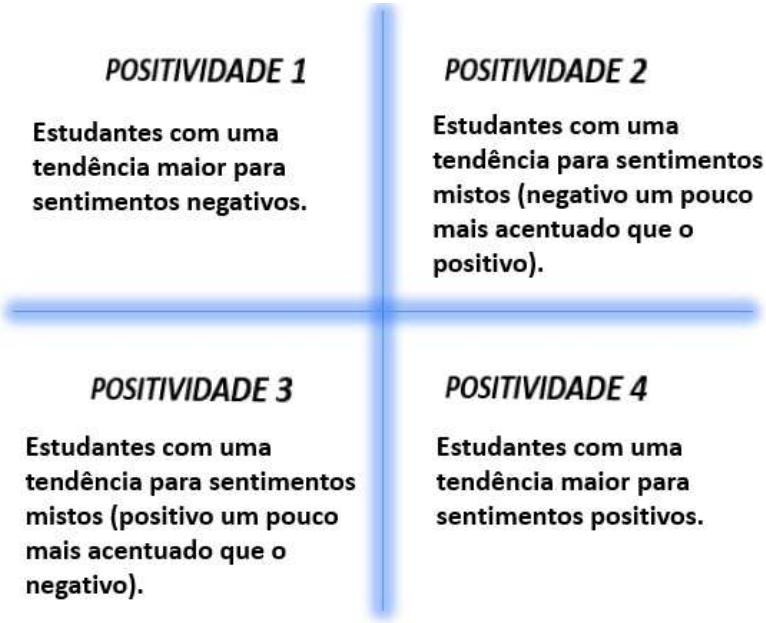


Figura 10 – Zonas de comportamento em relação aos níveis de positividade

A primeira zona, chamada de “Positividade 1”, com índices menores ou iguais ao primeiro quartil, são os estudantes que apresentaram uma tendência maior para sentimentos negativos em relação as respostas dadas (a_Positividade_1; d_Positividade_1). A segunda zona, chamada de “Positividade 2”, com índices maiores que o primeiro quartil e menores ou iguais ao segundo quartil, são os estudantes que apresentaram uma tendência para sentimentos mistos, mostrando uma intensidade maior para atitudes negativas (a_Positividade_2; d_Positividade_2). A terceira zona, “Positividade 3”, com índices maiores que o segundo quartil e menores ou iguais ao terceiro quartil, são estudantes que apresentaram uma tendência para sentimentos mistos, manifestando uma intensidade maior para atitudes positivas (a_Positividade_3; d_Positividade_3). A última zona, “Positividade 4”, com índices maiores que o terceiro quartil, são os estudantes que apresentaram uma tendência maior para sentimentos positivos em relação as respostas dadas (a_Positividade_4; d_Positividade_4). Essas zonas de comportamento nos ajudaram na construção de variáveis que serão utilizadas nas interpretações durante as análises para verificarmos possíveis relações das atitudes com as repostas das demais questões da pesquisa.

A primeira e a segunda situação-problema do questionário procuraram observar a percepção dos estudantes em relação aos componentes cognitivos, por meio do uso de alguns procedimentos da estatística descritiva, como a noção de amostra, média, desvio padrão e a aplicação de algum cálculo.

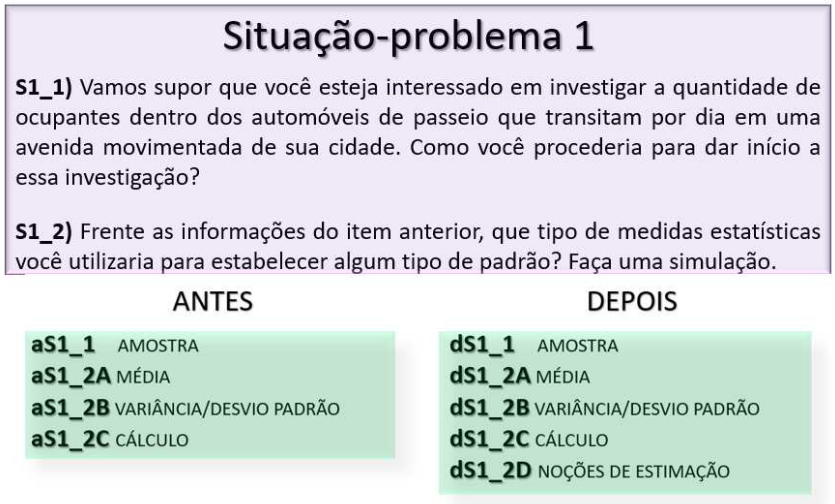


Figura 11 – Situação-problema 1 e variáveis observadas

Em S1_1 esperava-se que os estudantes reconhecessem o processo da amostragem {aS1_1; dS1_1} para começar a investigação pretendida pelo problema. Em S1_2 esperava-se que os estudantes recorressem para o uso da média {aS1_2A; dS1_2A} e do desvio padrão {aS1_2B; dS1_2B} para estabelecer algum padrão retirado da possível amostra construída. Além disso, o problema solicitava uma simulação {aS1_2C; dS1_2C} por meio de um cálculo que utilizaria valores determinados por cada estudante. Observamos também a variável dS1_2D que pretendia analisar se os estudantes, após o conteúdo de estimação, revelassem alguns procedimentos utilizados desse novo conteúdo.

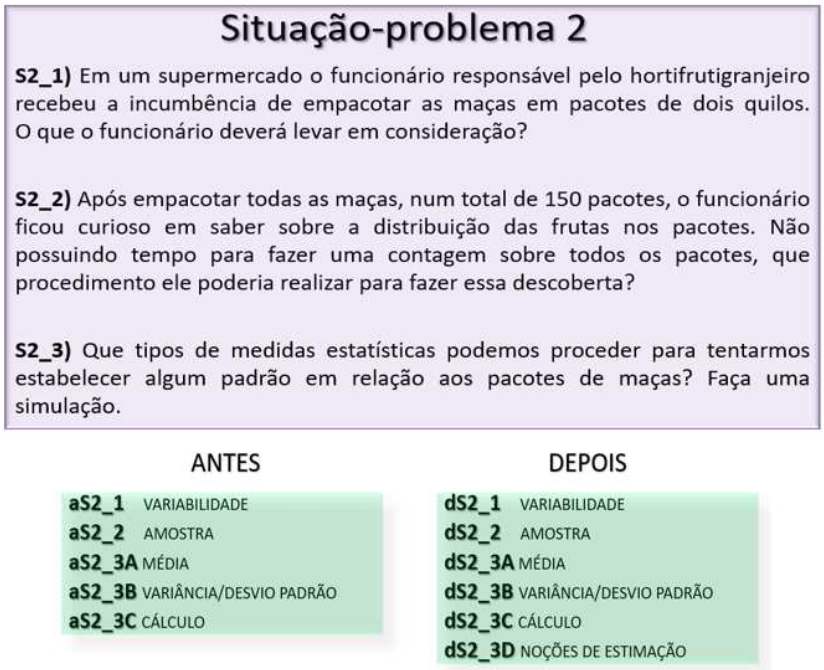


Figura 12 – Situação-problema 2 e variáveis observadas

A segunda situação procurou observar se os estudantes percebessem, além do uso de alguns procedimentos da estatística descritiva, a noção sobre a variabilidade do elemento que o problema apresenta. Em S2_1 esperava-se que os estudantes identificassem a

variabilidade {aS2_1; dS2_1} do elemento em questão e, pudessem supor, que haverá diferentes quantidades de maças nos pacotes. Em S2_2 esperava-se que os estudantes reconhecem o processo da amostragem {aS2_2; dS2_2} para começar a investigação pretendida pelo problema. Em S2_3 esperava-se que os estudantes recorressem para o uso da média {aS2_3A; dS2_3A} e do desvio padrão {aS2_3B; dS2_3B} para estabelecer algum padrão retirado da possível amostra construída. Além disso, o problema solicitava uma simulação {aS2_3C; dS2_3C} por meio de um cálculo que utilizaria valores determinados por cada estudante. Observamos também a variável dS2_3D que pretendia analisar se os estudantes, após o conteúdo de estimação, revelassem alguns procedimentos utilizados desse novo conteúdo.

A terceira situação procurou analisar a percepção dos estudantes em relação a componentes de disposição, analisando a postura crítica por meio da capacidade de gerar questionamentos diante das informações quantitativas.

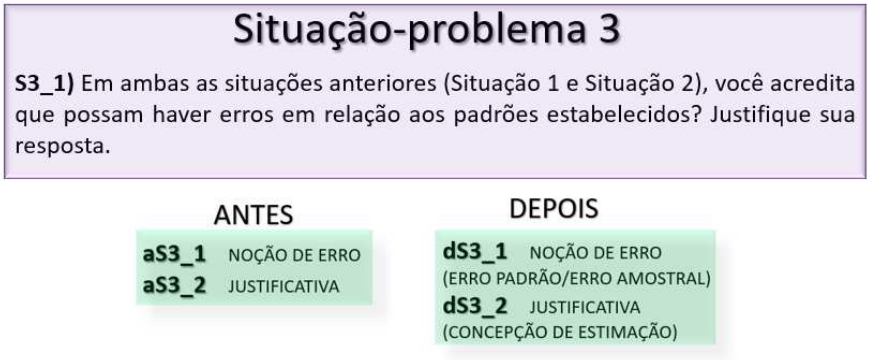


Figura 11 – Situação-problema 3 e variáveis observadas

Em aS3_1 foi observado se o estudante concordava ou não com a existência de possíveis erros diante dos padrões que eles estabeleceram nas situações anteriores. Para dS3_1 esperava-se que os estudantes já mencionassem sobre erro padrão ou erro amostral. Em aS3_2 os estudantes já poderiam revelar uma justificativa que conduzisse para o entendimento da estimação. Em dS3_2 esperava-se por uma justificativa que fosse o conceito de estimação ou muito próximo a ele.

As variáveis que foram determinadas para a observação nas situações-problema seguem a proposta de Gal (2002) que aponta a necessidade de uma correlação entre componentes cognitivos e componentes de disposição para o desenvolvimento do letramento estatístico, em nosso caso, para a estimação. Entendemos que as variáveis examinadas compõem um campo conceitual para a estimação onde, segundo Vergnaud (1990), o âmago para o desenvolvimento cognitivo de um determinado assunto é a sua conceptualização. Dessa forma, para explorarmos as respostas observando a Teoria dos Campos Conceituais e analisá-las fazendo o uso da Análise Estatística Implicativa por meio do software CHIC, estabelecemos um algoritmo como critério que está representado na Figura 12.

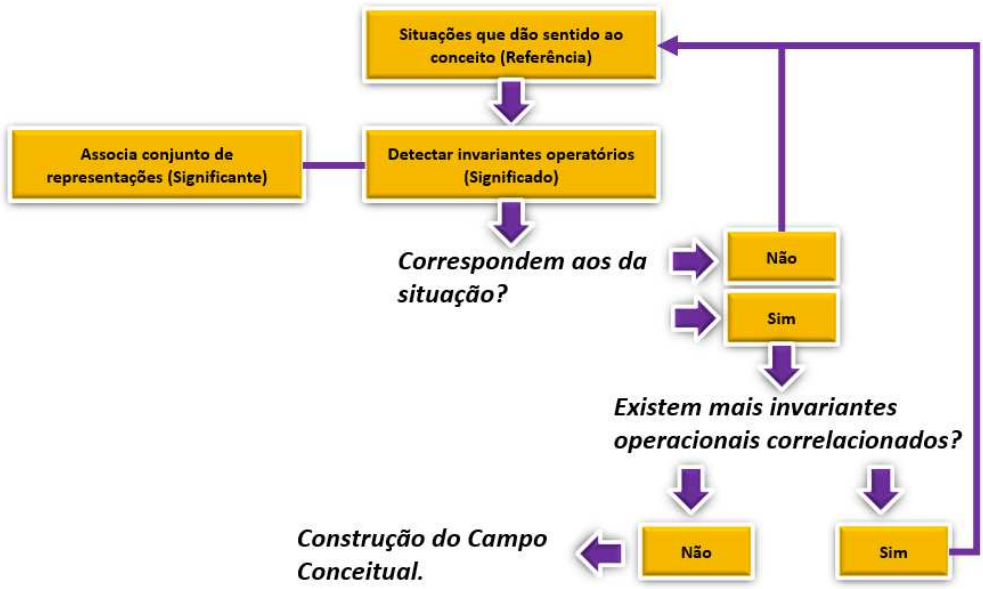


Figura 12 – Algoritmo para observar as respostas das situações-problema

Esse esquema mostra, de forma simplificada, as etapas fundamentais apoiadas em Vergnaud (1990) para a construção de um campo conceitual. As situações propostas dão sentido aos conceitos pretendidos. Dessa forma, buscamos pelos invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) que correspondem com as variáveis analisadas em cada questão. Verificamos, também, o conjunto de representações que estão associados com as variáveis e ligadas horizontalmente com os invariantes. Nesse sentido, para cada resposta coerente com a intenção das variáveis analisadas, inserimos o número um em uma planilha do Excel, caso contrário, zero.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	aS1_1	aS1_2A	aS1_2B	aS1_2C	aS2_1	aS2_2	aS2_3A	aS2_3B	aS2_3C	aS3_1	aS3_2
E01_001	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0
E01_002	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
E01_003	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
E01_004	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
E01_005	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
E01_006	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
E01_007	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
E01_008	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
E01_009	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
E01_010	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
E01_011	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0
E01_012	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
E01_013	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
E01_014	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
E01_015	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
E01_016	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
E01_017	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
E01_018	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0

Figura 13 – Planilha com as variáveis observadas

Desse modo, construímos uma planilha com variáveis binárias, presença ou ausência do atributo analisado, que servirá de base para o tratamento dos dados com o software CHIC por meio da construção da árvore de similaridades, do grafo implicativo e da árvore coesiva, observando a Análise Estatística Implicativa.

5 Análises e discussões das variáveis investigadas

Analisamos o questionário por meio da Análise Estatística Implicativa, observando as respostas dos estudantes antes e depois da formação sobre estimação. As respostas das situações-problema foram verificadas de acordo com o algoritmo da Figura 12 que observou a formação de um possível campo conceitual para a estimação estatística. Essas repostas foram relacionadas com as variáveis construídas sobre o sentimento dos estudantes em relação a estatística, que foram tratadas como variáveis suplementares e, também, observando as quatro partições (zonas de comportamento) encontradas. O software CHIC construiu árvores de similaridades que foram definidas a partir do cruzamento do conjunto das variáveis (respostas dos estudantes) com o conjunto dos sujeitos (estudantes). Este tipo de análise permite, segundo Gras et al (2017), estudar e interpretar, em termos de tipologia e de semelhança (e não semelhança) decrescente, classes de variáveis constituídas significativamente a certos níveis da árvore e se opondo a outras nestes mesmos níveis. Analisamos, também, os grafos implicativos construído pelo software por meio de uma distribuição binomial, com um valor mínimo de implicação igual a 0,70 que permite, segundo Gras et al (2013), a apresentação de uma estrutura interessante e ainda significativa do ponto de vista estatístico.

5.1 Análises antes da formação sobre estimação

Começamos nossas análises com a árvore de similaridades que foi formada por uma classe (Nível 14) e dividida em duas subclasses A (Nível 12) e B (Nível 13).

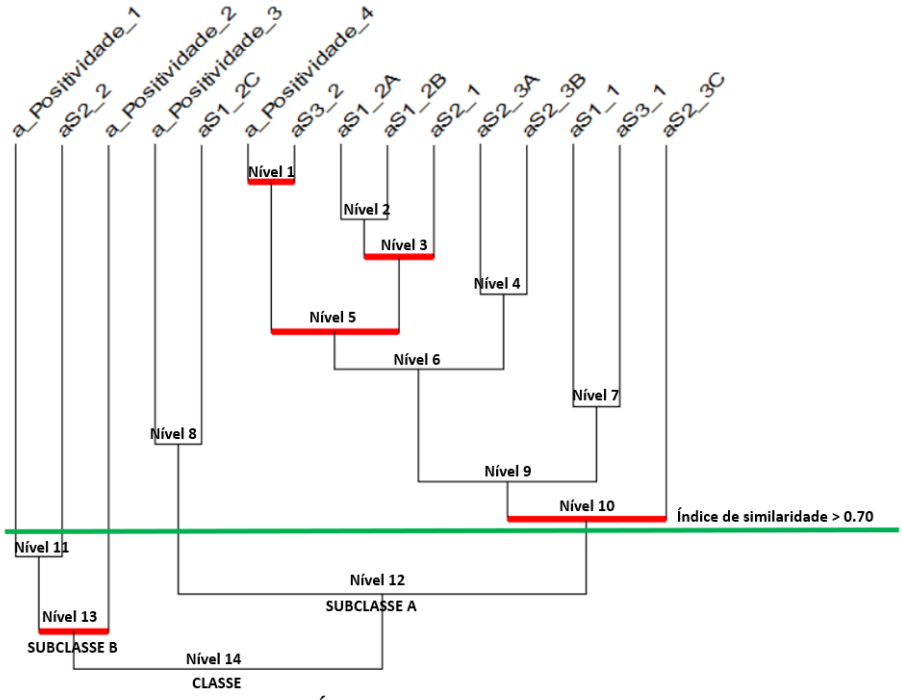


Figura 14 – Árvore de similaridades “antes”

Na subclasse B encontramos apenas um nó de similaridade ao Nível 11 com um índice inferior a 0,70. Essa subclasse é composta pelas partições a_Positividade_1 e a_Positividade_2 que são zonas de comportamento onde os estudantes possuem um índice de positividade baixo em relação a estatística. É possível observar que apenas aS2_2, que representa a variável “amostra”, possui alguma relação com essas partições.

Percebemos, então, que os estudantes com um nível de positividade baixo em relação a estatística, conseguiram identificar apenas um conceito básico da estatística. Dessa forma, houve uma tendência entre os estudantes que estão situados nessas zonas de comportamento, em não obterem sucesso nas demais soluções que as situações-problema propuseram. Dessa forma, o letramento estatístico ainda é inconsistente, o que requer uma atenção maior para esse grupo.

Na subclasse A encontramos 10 nós de similaridades, aos níveis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10, sendo que os níveis 1, 3, 5 e 10 foram considerados mais significativos. Essa subclasse foi composta com pelas partições a_Positividade_3 e a_Positividade_4 que são zonas de comportamento onde os estudantes possuem um índice de positividade maior em relação a estatística. No Nível 8 {a_Positividade_3, aS1_2C}, com um índice de similaridade igual a 0,81, observamos que os estudantes que estão nessa zona de comportamento possuem uma maior tendência para as respostas que exigiram cálculos. Gal (2002) informa que os conhecimentos matemáticos fazem parte do desenvolvimento do letramento estatístico, sendo um dos componentes cognitivos. A partição a_Positividade_4, onde estão situados os estudantes com os maiores índices de positividade, compôs os nós mais significativos encontrados na árvore. Destacamos o Nível 10 que mostra as relações de similaridades das variáveis analisadas com a partição a_Positividade_4. Dessa forma, podemos interpretar que os estudantes que se encontram nessa zona de comportamento possuem uma forte tendência na compreensão da linguagem estatística que as situações-problema apresentaram. Esse fato pode ser observado, também, ao analisarmos as variáveis que mais contribuíram na formação das dos nós, como mostra a Tabela 3.

Nós com índice superior a 0,70	*Variável com maior contribuição*
Nível 1 (índice 1)	a_Positividade_4
Nível 2 (índice 0,99)	a_Positividade_4
Nível 3 (índice 0,99)	a_Positividade_4
Nível 4 (índice 0,99)	a_Positividade_4
Nível 5 (índice 0,99)	a_Positividade_4
Nível 6 (índice 0,98)	a_Positividade_4
Nível 7 (índice 0,89)	a_Positividade_4
Nível 8 (índice 0,81)	a_Positividade_3
Nível 9 (índice 0,79)	a_Positividade_4
Nível 10 (índice 0,72)	a_Positividade_4

Tabela 3 – Variáveis com maiores contribuições aos nós com níveis superiores a 0,70

Interessante observar que houve uma nítida separação entre os estudantes que possuem um índice de positividade baixo com os que possuem um índice de positividade maior. Esse fato nos leva a deduzir que existe uma influência do comportamento do estudante em relação a estatística com as respostas do questionário.

Construímos, também, o grafo implicativo observando as implicações centradas nas partições (Figura 15), com índice de implicação 0,70.

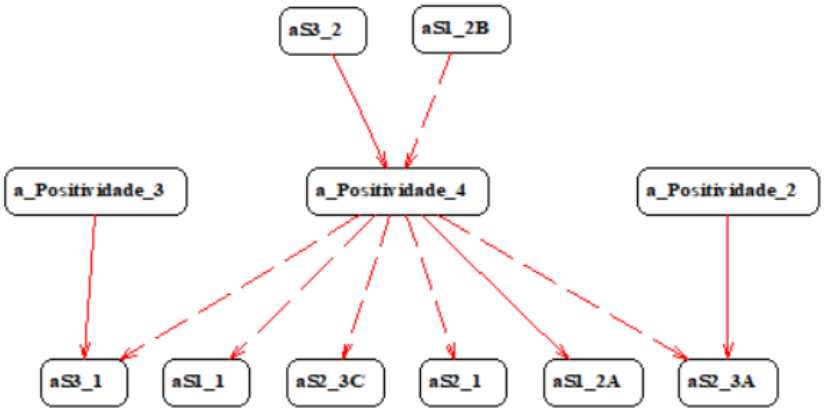


Figura 15 – Grafo implicativo “antes”

É possível perceber que a partição a_Positividade_1 não foi representada no grafo, isso porque os estudantes que estão nessa zona de comportamento não obtiveram êxito significativo nas soluções das situações-problema. Podemos identificar, também, que a partição a_Positividade_4 possui implicações com grande parte das respostas, como foi visualizado, também, na árvore de similaridades. Nesse sentido, diante das informações até aqui apuradas, compreendemos que os estudantes com um maior índice de positividade mostraram uma ligação entre os componentes cognitivos (aS1_1, aS1_2A, aS1_2B, aS2_3C, aS2_1) com os componentes de disposição (aS3_1 e aS3_2), que, segundo Gal (2002), precisam estar correlacionados para o desenvolvimento do letramento estatístico.

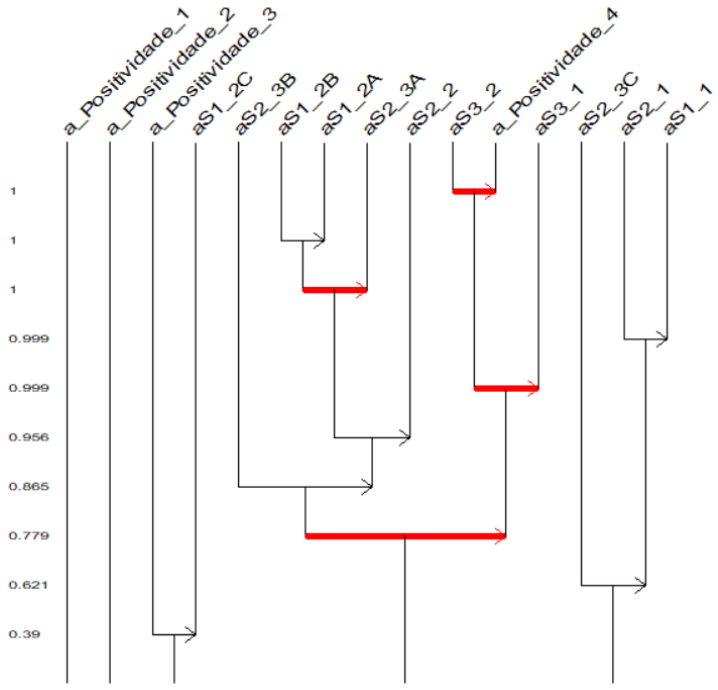


Figura 16 – Árvore Coesiva “antes”

Além da árvore de similaridades o CHIC nos forneceu também a árvore coesiva (Figura 16) que reforçou nossas observações anteriores. De acordo com Couturier et al (2003) a árvore coesiva apresenta uma janela com resultados numéricos contendo índices decrescentes das coesões e a árvore, indicando os níveis de coesão das classes. A árvore

apresenta as implicações orientadas dentro de cada classe, que traduz a noção de regras sobre regras.

Começamos nossa análise examinando as variáveis que não implicam e não foram implicadas por nenhuma outra variável, como é o caso das variáveis a_Positividade_1 e a_Positividade_2. Uma relação de coesão significativa é representada pelo nó existente entre aS3_2 e a_Positividade_4, que pode ser interpretada como: uma postura crítica em relação aos resultados das situações-problema é satisfeita pelos estudantes com maiores índices de positividade em relação a estatística. Observamos a relação entre as variáveis aS1_2B e aS1_2A que pode ser interpretada como: os estudantes que identificaram o desvio padrão, também identificaram a média. Nesse sentido, a árvore coesiva revela um nó significativo com um índice de coesão de 0,779 entre as diversas variáveis observadas nas situações-problema com a variável a_Positividade_4. De fato, podemos perceber que o nível de positividade influenciou nas respostas dadas pelos estudantes.

5.2 Análises depois da formação sobre estimação

Antes de iniciarmos, salientamos que houve uma melhora nos níveis de positividade dos estudantes em relação à estatística depois da formação sobre o conteúdo de estimação. A média do índice de positividade antes foi de 0,53 com um desvio padrão de 0,15 (aproximadamente 28% de variação), contra 0,67 de média com um desvio padrão de 0,04 (aproximadamente 6% de variação) depois. Houve uma melhora significativa[7], onde, de um modo geral, tornou os grupos mais homogêneos. Compreendemos que uma das justificativas foi pelo fato de ter ocorrido uma retomada dos conceitos básicos da estatística antes da exposição do novo conteúdo, motivada pela análise preliminar da primeira aplicação do questionário. Encontramos, também, um outro argumento no livro de Selz & Maillochon (2009) onde é apontado uma mudança de comportamento dos estudantes quando o conteúdo da estatística inferencial é abordado. Segundo os autores, os estudantes começam a compreender melhor as aplicações da estatística, facilitando o processo de ensino e aprendizagem. Pactuamos também com esse argumento diante das manifestações dos estudantes durante as aulas. Contudo, encontramos transições dos estudantes nas quatro zonas de comportamento. O estudante E03_006, por exemplo, que estava situado em a_Positividade_1 passou para d_Positividade_4, assim como o estudante E05_005 passou de a_Positividade_4 para d_Positividade_1.

Nossa análise começa novamente pela árvore de similaridades (Figura 17), que agora foi formada por uma classe (Nível 16) e dividida em duas subclasses A (Nível 14) e B (Nível 15).

[7] Foi realizado no corpo do trabalho da tese um *Teste t Student* que mostrou um p-valor < 0,05, indicando uma diferença significativa entre as médias.

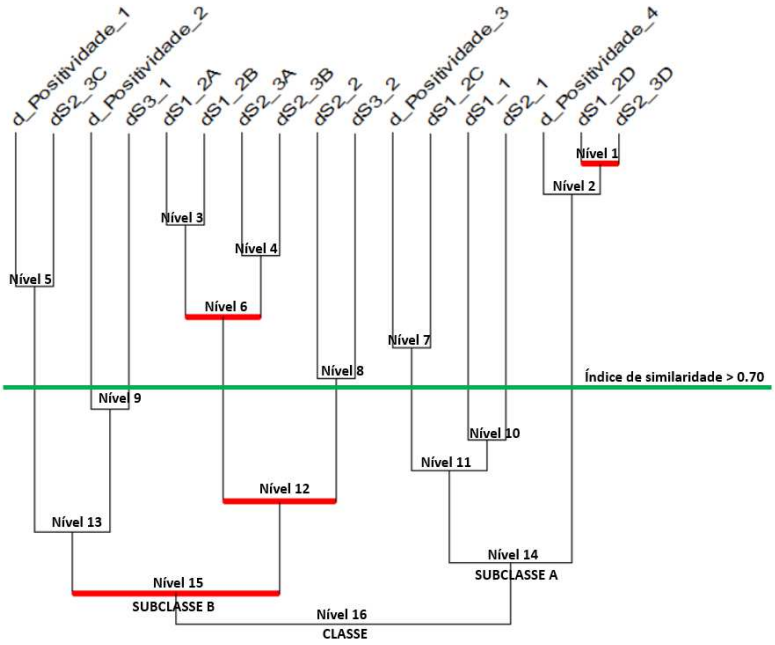


Figura 17 – Árvore de similaridades “depois”

Mais uma vez, foi possível observar uma separação entre os estudantes que possuem um índice de positividade baixo (subclasse B) com os que possuem um índice de positividade maior (subclasse A). No entanto, na Subclasse B encontram-se as zonas d_Positividade_1 e d_Positividade_2 com um maior número de nós de similaridades em relação as variáveis analisadas anteriormente. Isso mostra que houve uma tendência na melhora quanto ao desenvolvimento do letramento estatístico por parte dos estudantes, uma vez que as variáveis que mais contribuíram na formação dos nós de similaridades foram melhor distribuídas como mostra a Tabela 4.

Nós com índice superior a 0,70	*Variável com maior contribuição*
Nível 1 (índice 0,99)	d_Positividade_4
Nível 2 (índice 0,99)	d_Positividade_4
Nível 3 (índice 0,96)	d_Positividade_4
Nível 4 (índice 0,93)	d_Positividade_1
Nível 5 (índice 0,88)	d_Positividade_1
Nível 6 (índice 0,85)	d_Positividade_2
Nível 7 (índice 0,83)	d_Positividade_3
Nível 8 (índice 0,71)	d_Positividade_4

Tabela 4 – Variáveis com maiores contribuições aos nós com níveis superiores a 0,70

Destacamos na Subclasse A o Nível 2 (d_Positividade_4, dS1_2D e dS2_3D), onde mostra que os estudantes com maior índice de positividade obtiveram sucesso nas variáveis que representaram as possíveis noções de estimação das situações-problema. Essa constatação reforça que os estudantes que estão situados nessa zona de comportamento possuem uma tendência em utilizar os novos conhecimentos aprendidos, promovendo uma expansão em relação ao uso do letramento estatístico de forma mais satisfatória que os demais.

Construímos, também, o grafo implicativo observando as implicações centradas nas partições (Figura 18), com índice de implicação 0,70.

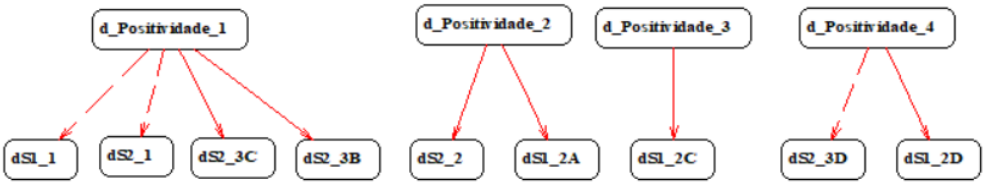


Figura 18 – Grafo implicativo “depois”

Diferente do grafo da Figura 15, dessa vez, todas as partições foram representadas. De um modo geral, os componentes cognitivos foram melhor desenvolvidos em todas as zonas de comportamento. Em d_Positividade_4 é possível observar, novamente, que os estudantes situados nessa zona de comportamento obtiveram implicações com as respostas que remeteram ao conteúdo de estimação, reforçando a interpretação de que a relação dos estudantes com a estatística pode influenciar no desenvolvimento do letramento estatístico.

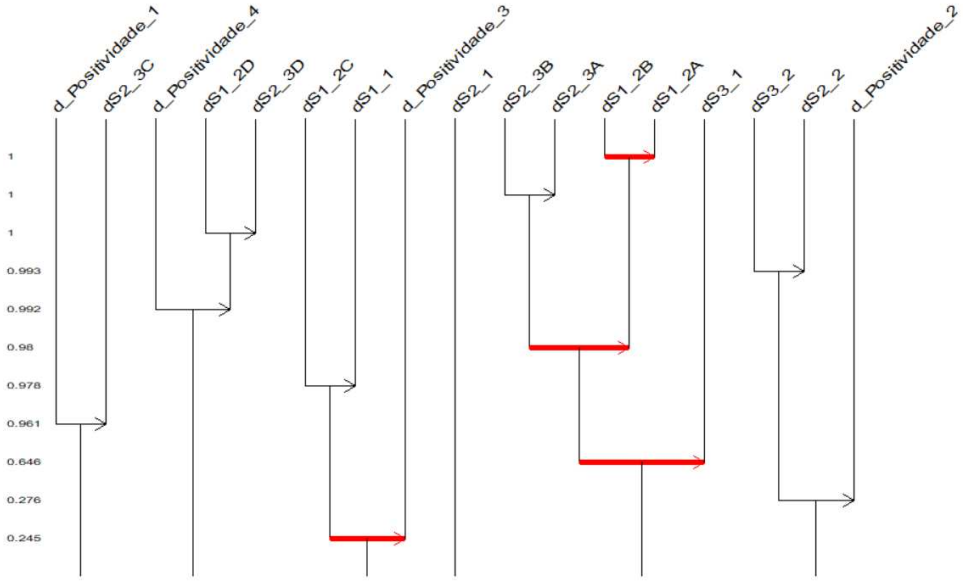


Figura 19 – Árvore Coesiva “depois”

Nos primeiros níveis da árvore coesiva (Figura 19) verificamos que os estudantes que identificaram o desvio padrão também identificaram a média. Essa regra já havia sido constatada na análise anterior. Verificamos que os estudantes com um índice de positividade maior conseguiram identificar a estimação nas situações-problema d_Positividade_4 => (dS1_2D => dS2_3D). A implicação (dS3_2 => dS2_2) => d_Positividade_2, pode ser interpretada como: o conceito de estimação foi satisfeito quando houve o reconhecimento da amostra, por estudantes com índices não tão elevados de positividade.

6 Considerações finais

A Análise Estatística Implicativa por meio do software CHIC foi um facilitador na observância das variáveis deste estudo. A determinação das similaridades, implicações e coesões nos conduziram a importantes resultados.

Diante dos resultados apresentados, percebemos que as respostas dos estudantes estão, de alguma forma, relacionadas com as atitudes positivas e negativas que eles

encontram em relação a estatística. Identificamos um avanço no que diz respeito ao desenvolvimento do letramento estatístico depois da formação sobre estimação em todas as zonas de comportamento. Apesar disso, ficou evidente que os estudantes que apresentaram um maior índice de positividade estão propensos em desenvolver com mais facilidade novos conhecimentos estatísticos. A estatística inferencial provocou nos estudantes um estímulo no que Régnier (1996) chama de espírito estatístico, fazendo com que a estatística seja melhor compreendida e interpretada.

As análises aqui expostas fazem parte da tese intitulada "Formação do raciocínio estatístico na conceptualização da Estimação Estatística. Estudo exploratório de um dispositivo pedagógico no Ensino Superior", do primeiro autor desse artigo sob a orientação dos demais autores.

Referências

[1] Batanero, C. (2001), *Didáctica de la Estadística*, Grupo de Investigación en Educácion Estadística, ISBN 84-699-4295-6, Universidad de Granada, Espanha, http://www.ugr.es/~batanero/ARTICULOS/didacticaestadistica.zip.

[2] Carzola, I. M. (2002), *A relação entre a habilidade viso-pictórica e o domínio de conceitos estatísticos na leitura de gráficos*, Tese (Doutorado em Educação), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

[3] Chance, B. L. (2002), Components os statistical thinking and implications for instruction and assessment, *Journal os Statistic Education*, 10, 7-19.

[4] Couturier, R., Bodin, A., Gras, R. (2003), *A Classificação Hierárquica Implicativa e Coesitiva*. http://math.unipa.it/~grim/asi/asi_03_gras_bodin_cout.pdf. Acesso em 15 de março de 2019.

[5] Freund, J. E. (2006), *Estatística aplicada: economia, administração e contabilidade*, BooKman, Porto Alegre.

[6] Gal, I. (2002), Adult's Statistical Literacy : Meanings, Components, Responsabilities, *International Statistical Review*, 70, 1-25.

[7] Gal, I. e Ginsburg, L. (1994), The role os beliefs and attitudes in learning statistic : towards an assessment framework, *Journal os Statistics Edcation*, 2, 64-89.

[8] Gonçalez, N. (2002), *Atitudes dos alunos do curso de pedagogia com relação à disciplina de Estatística no laboratório de informática*, Tese de Doutorado em Educação, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

[9] Gras, R., Régnier, J.-C., Marinica, C., Guillet, F. (2013), *Analyse Statistique Implicative. Méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités*. Toulouse : Éditions Cépaduès.

[10] Gras, R., Régnier, J.-C., Lahanier-Reuter, D., Marinica, C., Guillet, F. (2017), *Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux sciences humaines et sociales*. Toulouse : Éditions Cépaduès.

[11] Ignácio, S. A. (2010), Importância da Estatística para o processo de conhecimento e tomada de decisão, *Nota Técnica IPARDES*, n° 6, Curitiba.

[12] Kataoka, V. Y. (2011), A educação estatística no ensino fundamnetal II em Lavras, Minas Gerais, Brasil: avaliação e intervenção, *Revista lationoamericana de investigácion en matemática educativa*, 14, 233-263.

[13] Régnier, J. C. (1996), *Quelques propôs autor de la statistique*, Département de Sciences de l'education, Université Lumière Lyon 2, Lyon.

[14] Rumsey, D. J. (2002), Statistical literacy as a goal for introductory statistics courses, *Journal of Statistics Education*, 10, 23-45.

[15] Selz, M. e Maillochon, F. (2009), *Le raisonnement statistique en sociologie*, Presses Universitaires de France, série Licence (Socio), Paris.

[16] Sgoutas-Emch, S. A. e Johnson, C. J. (1998), Is journal writing an effective method of reducing anxiety towards statistics? *Journal of Instructional Psychology*, 25, 49-57.

[17] Silva, C. B. (2007), *Pensamento Estatístico e Raciocínio sobre variação: um estudo com professores de Matemática*, Tese (Doutorado em Educação Matemática), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

[18] Soares, M. (2004), Letramento e alfabetização: as muitas facetas, *Revista Brasileira de Educação*, 25, 5-17.

[19] Spearman, C. (1927), *Las habilidades del hombre: su naturaleza y medición*, MacMillan, Buenos Aires.

[20] Vergnaud, G. (1990), La théorie des champs conceptuels, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10, 133-170.

[21] Wada, R. S. (1996), *Estatística e ensino : um estudo sobre representações de professores do 3º grau*, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

[22] Wallmann, K. K. (1993), Enhancing Statistical literacy: enriching our society, *Journal of the American Statistical Association*, 88, 1-8.

[23] Watson, J., Kelly, B. A., Callingham, R. A. e Shaughnessy, J. M. (2003), The measurement of school students' understanding os statistical variation, *Journal os Mathematical Education in Science and Technology*, 34, 1-29.

CONHECIMENTOS PRÉVIOS DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO A RESPEITO DE ESTATÍSTICA: UMA ANÁLISE COESITIVA E DE SIMILARIDADES

Cassio Cristiano GIORDANO [1], Cileda de Queiroz e Silva COUTINHO[2]

CONNAISSANCES PRÉALABLES DES ÉLÈVES DU SECONDAIRE CONCERNANT LES STATISTIQUES : UNE ANALYSE COHÉSIVE ET DE SIMILARITÉS

PREVIOUS KNOWLEDGE OF HIGH SCHOOL STUDENTS ABOUT STATISTICS: A COESITIVE ANALYSIS AND ABOUT SIMILARITIES

RESUMO

Este trabalho é um recorte de nossa tese de doutorado em andamento e tem por objetivo diagnosticar os conhecimentos prévios de alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública brasileira a respeito da Estatística, antes de realizar as atividades ligadas ao desenvolvimento de um projeto estatístico. Buscamos identificar tais conhecimentos prévios, antes e depois do desenvolvimento do projeto de Estatística por parte dos alunos, para avaliar possíveis mudanças após tal processo, uma vez que, dentro do nosso quadro teórico, elas são compreendidas como indicadores de aprendizagem. Consideramos essas eventuais mudanças relevantes, pois poderiam justificar ou não a presença da abordagem por projetos na proposta curricular para a Estatística para esse segmento do ensino. Trata-se de uma pesquisa predominantemente qualitativa. Os sujeitos foram oitenta e seis alunos dos terceiros anos do Ensino Médio de uma escola pública brasileira, com idades entre dezesseis e dezenove anos. Os dados aqui utilizados foram coletados durante o mês de junho de 2018 por meio um questionário e analisados por meio do *software* CHIC - Classificação Hierárquica Implicativa e Coesitiva. Pretendemos, com isso, responder à questão: Quais os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Médio a respeito da Estatística?

Palavras-chave: *Educação Estatística, conhecimentos prévios, CHIC.*

RÉSUMÉ

Cette recherche est une coupe de notre thèse de doctorat en cours et vise à diagnostiquer les conceptions et les connaissances préalables des élèves de troisième année (terminale) du lycée d'une école publique brésilienne en statistique, avant de mener des recherches dans ce domaine, guidé par votre professeur. Nous cherchons à identifier ces connaissances et conceptions préalables, avant et après la recherche des élèves, pour évaluer les changements possibles, car, dans notre cadre théorique, ils sont compris comme des indicateurs d'apprentissage. Nous considérons ces changements possibles comme pertinents, dans la mesure où ils pourraient justifier ou non la présence de recherches statistiques dans la proposition de curriculum pour ce segment de l'éducation. C'est une recherche principalement qualitative. Les sujets étaient quatre-vingt-six élèves de classe terminale du lycée d'une école publique brésilienne, entre seize et dix-neuf ans âge. Les données utilisées ici ont été collectées au cours du mois de juin 2018 au moyen d'un questionnaire et analysées à l'aide du logiciel CHIC - Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive. Avec cela, nous avons l'intention de répondre à la question : quelles sont les conceptions et les connaissances préables des élèves du terminale du lycée sur la statistique et la probabilité?

[1] Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP. E-mail: ccgiordano@gmail.com
[2] Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP. E-mail: cileda@pucsp.br

Mots-clés : *Éducation Statistique, connaissances préalables, CHIC.*

ABSTRACT

This article is a cross-section of our ongoing doctoral thesis in progress and aims to diagnose the conceptions and prior knowledge of students in the third year of the high school in a Brazilian public school regarding Statistics, before conducting research in this area, guided by your teacher. We sought to identify such prior knowledge and conceptions, before and after the students' research, to evaluate possible changes, since within our theoretical framework, they are understood as indicators of learning. We consider these possible changes relevant, since they could justify or not the presence of statistical research in the curricular proposal for this segment of education. This is a predominantly qualitative research. The subjects were eighty-six students of the third year of high school in a Brazilian public school, between the ages of sixteen and nineteen. The data used here were collected during the month of June 2018 through a questionnaire and analyzed using the *software* CHIC - Correspondence & Hierarchical Cluster. With this, we intend to answer the question: What are the conceptions and previous knowledge of the students of the High School regarding Statistics?

Keywords*: Statistical Education, previous knowledge, CHIC*

1 Introdução

Os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN, a partir de 1997, motivaram novas pesquisas envolvendo o ensino e a aprendizagem da Estatística e da Probabilidade, uma vez que neste documento o ensino de Combinatória, Probabilidade e Estatística era previsto desde as séries iniciais (BRASIL, 1997, 1998, 2000). Propunha-se mudanças na educação brasileira que foram implementadas ao longo de duas décadas. No entanto, as pesquisas apontaram que isso não foi suficiente para promover o letramento estatístico e probabilístico, como observaram diversos autores, entre os quais citamos Lopes (1998), Megid (2002), Giordano (2016), entre outros.

Na proposta curricular do Estado de São Paulo para o Ensino Médio (SÃO PAULO, 2012, 2014), região na qual os dados de nossa pesquisa foram coletados, a Probabilidade ficou limitada a um único bimestre no segundo ano, enquanto à Estatística coube o mesmo espaço no terceiro e último ano.

Cobello (2018), por meio de uma pesquisa de natureza qualitativa documental, constatou que os materiais confeccionados e distribuídos por essa rede de ensino, intitulados Caderno do Aluno e Caderno do Professor, destinavam pouco espaço para a Estatística e, quando o faziam, ressaltavam aspectos algébricos procedimentais, em detrimento ao reflexivo, a atividade individual em detrimento a produção coletiva e a realização de projetos de pesquisa. Tal material priorizava questões superficiais que pouco contribuíam para o letramento estatístico dos alunos.

A Base Nacional Comum Curricular – BNCC, publicada pelo Ministério da Educação e Cultura – MEC (BRASIL 2017, 2018), prevê ampliação do espaço dedicado à Estatística, Probabilidade e Combinatória, distribuindo melhor seus conteúdos ao longo de toda Educação Básica, buscando promover a realização de pesquisa estatística por meio de projetos de pesquisa desenvolvidos pelos alunos.

Aqui, discutiremos alguns conhecimentos prévios de alunos do terceiro ano do Ensino Médio do Estado de São Paulo sobre Estatística, a partir da análise coesitiva e de similaridades, por meio do uso do *software* CHIC – Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive, versão 7.0, copyright 2014, de um questionário por eles

respondido. Tal análise corresponderá a uma das fases de nossa pesquisa de doutorado em andamento, que inclui, dentre outras, coletas de dados, registros de quatro trabalhos em grupos realizados por duplas ou trios de alunos (manuscritos e audiogravações), bem como cinquenta entrevistas gravadas (áudio e vídeo) com participação voluntária de alunos, professores e gestores da escola em questão.

Nosso foco aqui será a análise dos questionários (Anexo 1) respondidos por oitenta e seis alunos, com o auxílio do *software* CHIC. Buscaremos responder à questão: Quais são os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Médio a respeito da Estatística?

Diante dessa questão, o texto apresenta: na seção 2, considerações acerca da Educação Estatística e projetos por meio de uma revisão da literatura; na seção 3, nosso quadro teórico, bem como a descrição do método e procedimentos metodológicos por nós utilizados; na seção 4, uma discussão sobre os resultados obtidos, bem como nossa análise; na seção 5, por fim, nossas considerações finais.

Na seção seguinte, apresentaremos uma breve revisão da literatura específica da nossa área, trazendo resultado de pesquisas realizadas no Brasil nas duas últimas décadas, período em que a Educação Estatística se desenvolveu a partir de orientações governamentais, sobretudo por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN, da Base Nacional Comum Curricular – BNCC e de algumas propostas estaduais (que não serão analisadas nesse texto).

2 Revisão da literatura

Observamos, por meio de nossas experiências em sala de aula, bem como pela leitura de resultados de pesquisas brasileiras recentemente divulgadas (CAMPOS, 2007; COSTA, 2012, entre outros), que os estudantes concluem o Ensino Médio e chegam aos cursos superiores com pouquíssimo conhecimento de Estatística. Não compreendem como funciona uma pesquisa científica, desconhecem os procedimentos básicos, desde a escolha de um tema relevante, da delimitação da questão de pesquisa e da elaboração do instrumento de coleta de dados até as estratégias de divulgação dos resultados. O fato de ingressantes em cursos superiores apresentarem nível de letramento estatístico insatisfatório reflete a quase inoperância da Estatística na Educação Básica, conforme indicam os autores acima citados.

Megid (2002), Conti (2009), Giordano (2016) e Melo (2017) desenvolveram pesquisas sobre a abordagem por meio de projetos com o foco sobre o aluno ou sobre o professor na Escola Básica. Não basta, para o seu Letramento Estatístico, que o aluno tenha acesso às pesquisas: ele deve ser autor, produzir conhecimento científico. Essa proposta também é defendida por Batanero e Díaz (2011) para quem esse procedimento de abordagem proporciona maior motivação e envolvimento por parte dos alunos. No entanto, também implica em alguma resistência por parte dos professores e gestores escolares, como também observou Mendonça (2008), investigando a mesma proposta aplicada ao Ensino Médio.

Segundo as pesquisas até aqui mencionadas, a realização de projetos perturba a dinâmica escolar. A exploração do espaço escolar e, muitas vezes, do entorno, a demanda de recursos, a preocupação com o tempo dispendido e a ameaça do não cumprimento do currículo prescrito, podem se constituir em entraves para a escolha da abordagem por projetos. Além disso, a exposição do professor, que precisa extrapolar a Matemática, enveredando por outras áreas do conhecimento nem sempre presentes em seu arcabouço

profissional ou cultural e a conscientização do papel dos recursos tecnológicos, são alguns problemas presentes nas pesquisas sobre gestão e desenvolvimento de projetos desenvolvidas por alguns autores, entre eles Giordano (2016). Para esse autor, a perturbação existe e é bem-vinda, pois a reestruturação mobiliza habilidades e competências necessárias para a aprendizagem efetiva. Aliás, isso também responde parcialmente à preocupação com o cumprimento do programa curricular previsto para esta série.

Na proposta curricular do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2012, 2014) e nos PCN (BRASIL, 1997, 1998, 2000), a abordagem da Estatística é sugerida, porém, em nossa avaliação, de forma bastante tímida e organizada em momentos isolados ao longo da vida escolar do aluno, dificultando muito o desenvolvimento do letramento estatístico, tal como proposto por Gal (2002, 2019), e que é fundamental para a construção da criticidade.

Na BNCC para o Ensino Médio (BRASIL, 2018), as cinco competências específicas da Matemática contemplam o uso de estratégias e procedimentos matemáticos aplicáveis à realidade imediata dos cidadãos; articulação de ações matemáticas para investigar os desafios da contemporaneidade de forma ética e socialmente responsável; desenvolvimento de estratégias conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas; compreensão da flexibilidade e fluidez das representações matemáticas; investigação e formulação de conjecturas.

Segundo Megid (2002, p.183), a "presença de atitudes não autoritárias e colaborativas", desde a definição dos temas de pesquisa, pode contribuir para a mudança de paradigma de um modelo de aula tradicional para o de aula investigativa. Concordamos com a autora, que considera necessária a constante busca por "inovações desafiadoras e desequilibradoras de uma prática rotineira" (ibid, p. 183)

Sobre as dificuldades encontradas pela abordagem por meio de projetos, Jacobini (2004) ressalta que essa opção provoca também alterações na sala de aula quanto ao espaço físico, aos horários e ao deslocamento dentro da escola, contribuindo para a aquisição de capacidades relacionadas à investigação, à criatividade, à síntese e à integração de conhecimentos, tomadas de decisão e formas de comunicação.

Presente na BNCC (BRASIL, 2017, 2018) o desenvolvimento de projetos no ensino da Estatística busca contemplar o caráter colaborativo do trabalho de pesquisa realizado por alunos da Educação Básica. Ele é valorizado em quase todas as pesquisas nessa área, como atestam os autores já citados anteriormente nesse texto e em seus referenciais. Mendonça (2008, p.47) destaca que tal metodologia de ensino é "(...) capaz de favorecer o processo de ensino e aprendizagem, promovendo ambientes cooperativos nos quais os estudantes são sujeitos ativos, autônomos e conscientes".

Mendonça (2008) e Conti (2009) discutiram, em suas pesquisas, o problema do tempo versus cumprimento do programa curricular. Buscando uma solução para tal, Giordano (2016) propõe a parceria entre professores, mobilizando diversas disciplinas escolares, muitas vezes até mesmo em aulas compartilhadas. Em sua pesquisa, esse autor aponta para as possibilidades de ganho cronológico no caso de trabalhos multidisciplinares.

Apesar dos problemas inerentes ao desenvolvimento de projetos no ensino da Estatística, Carvalho (2007) aponta algumas vantagens dessa abordagem: exploração da interdisciplinaridade e da contextualização, o desenvolvimento de postura exploratória investigativa (essencial à abordagem do tratamento da informação), o protagonismo do aluno, o trabalho cooperativo, o desenvolvimento do pensamento crítico, ético, do cidadão, o enriquecimento da produção de textos e a diversificação da prática docente.

O ensino de Estatística por meio de projetos no Ensino Médio, segundo os autores citados até aqui, propicia aos estudantes o desenvolvimento de elementos cognitivos e disposicionais indispensáveis ao letramento estatístico, na concepção de Gal (2002), bem como a gradativa conquista de autonomia na realização de pesquisa, como proposto pela BNCC (BRASIL, 2017, 2018), levando a escola àquela que deveria ser sua principal função: produção de conhecimento científico, em detrimento da mera reprodução de saberes pouco significativos para os alunos.

Por tudo isso, consideramos que o ensino por meio de projetos merece uma atenção maior dos educadores. A despeito das polêmicas que envolveram a elaboração e publicação da BNCC, observamos que, em relação aos PCN, ela apresenta sensíveis avanços para a Educação Estatística, na medida em que amplia seu programa e o redistribui melhor, além de promover a realização de pesquisa por meio de projetos.

A partir dos resultados observados nessa breve revisão da literatura e dos resultados observados na análise do questionário aplicado, buscaremos identificar se os conceitos fundamentais Estatística estão presentes para o desenvolvimento de projetos, ou seja, para identificar o ponto de partida da abrangência dos projetos a serem desenvolvidos em sala de aula.

Na próxima seção, apresentaremos o quadro teórico e metodológico de nossa pesquisa.

3 Referenciais teóricos e metodológicos

Para atingir os nossos objetivos, optamos pela análise estatística de dados multidimensionais, que permitem organizar e sintetizar tais dados, evidenciando as relações entre os agentes envolvidos nos fenômenos estudados (ÓRUS et al., 2009). Aplicamos a análise coesitiva e de similaridades às respostas fornecidas por 86 alunos, com idades de 16 a 19 anos, provenientes quatro turmas do terceiro e último ano do Ensino Médio de uma escola pública brasileira, utilizando o *software* CHIC.

A Multidimensionalidade permite, que várias características (variáveis) relativas a um mesmo grupo de sujeitos seja considerada simultaneamente na análise desses sujeitos quanto a um tema específico – no nosso caso, o conhecimento estatístico e probabilístico.

O *software* foi criado pelo pesquisador Régis Gras e seus colaboradores na década de 1990, com o objetivo de sintetizar e estruturar as respostas, caracterizando comportamentos por meio de um tratamento multidimensional de dados estatísticos. O *software* CHIC tem por funções essenciais extrair de um conjunto de dados, cruzando sujeitos e atributos, regras de associação entre eles, gerando um índice de qualidade de associação, uma estruturação das variáveis obtida por meio destas regras bem definidas. Esse *software* atende bem às nossas necessidades. Explicaremos com mais detalhes as especificidades das análises no momento de sua apresentação.

O questionário foi aplicado em sala de aula, durante o tempo de 50 minutos, com a presença do primeiro autor do texto. Foi organizado em três partes distintas. A primeira delas, composta por uma questão aberta e dez questões objetivas (Q1 a Q11, ver Anexo 1), busca identificar as concepções e conhecimentos prévios dos alunos a respeito da Estatística que contemplam o modelo de letramento estatístico proposto por Gal (2002).

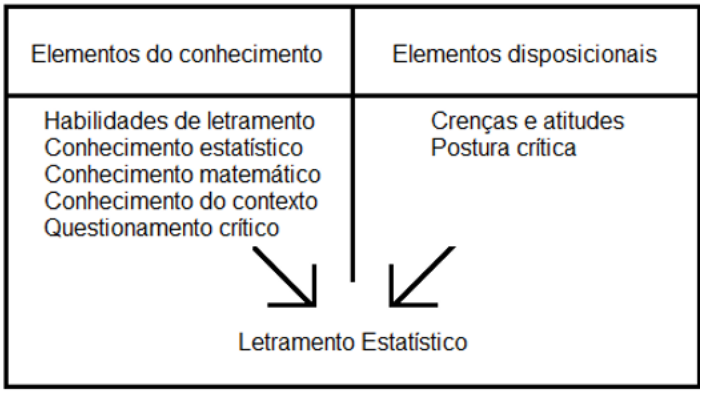


Figura 3. Modelo de Letramento Estatístico (GAL, 2002, p.4)

Para Gal (2002, 2004, 2019), o Letramento Estatístico implica no desenvolvimento de habilidades que permitam ao indivíduo ler, interpretar, produzir e comunicar informações estatísticas de diferentes maneiras, como por meio de medidas de tendências central, gráficos e tabelas. O indivíduo letrado estatisticamente deve ser capaz de reconhecer a necessidade de obter dados estatísticos, saber como fazê-lo, como organizar e apresentar informações de natureza estatística, lidando adequadamente com a transnumeração de dados, compreender a variabilidade em determinados contextos, saber atribuir-lhes significado e agir de forma crítica e objetiva, tomando decisões acertadas fundamentadas em dados estatísticos.

Vale ressaltar que a primeira questão não será alvo de nossa análise. Deixaremos essa única questão aberta para analisar, posteriormente, como material para a pesquisa de doutorado em desenvolvimento, juntamente com os registros audiovisuais coletados em um outro momento. Destacamos ainda que foi incluída a variável suplementar ‘sexo’, que embora não fizesse parte de nenhuma das 29 questões de nosso instrumento de coleta de dados, pode ser apurada no cabeçalho dos questionários, no campo de identificação do estudante, mas também pelo fato de que os respondentes são alunos do primeiro autor desse texto.

A segunda parte do questionário, composta por treze questões objetivas (Q12 a Q24, ver Anexo 1), trata do conhecimento e letramento probabilístico e não serão foco de análise nesse texto. Fizemos a escolha de abordar, aqui, apenas as questões que se referem ao conhecimento estatístico.

Por fim, a terceira parte, aqui analisada, traz cinco questões objetivas (Q25 a Q29, ver Anexo 1) extraídas das avaliações do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) dos últimos anos, (exame esse que possibilita acesso a ingresso em universidades públicas, bolsa e/ou financiamento de estudos no Ensino Superior brasileiro), permite que investiguemos os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema. Vale ressaltar que esses alunos não haviam estudado a Estatística no Ensino Médio nesta escola até então pois, segundo a proposta curricular do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2012, 2014), ela deve ser ensinada no Ensino Médio durante o terceiro bimestre, no terceiro ano.

Tendo como base o modelo de letramento estatístico de Gal (2002, 2004, 2019), a questão Q1 busca identificar conhecimentos e percepções dos alunos sobre a Estatística: seu objetivo, seu método, sua relação com as demais ciências. Ela avalia habilidades de letramento referentes ao domínio da língua natural, conhecimentos estatísticos e questionamento crítico, no que diz respeito aos elementos de conhecimento de Gal (2002,

2019). Quanto aos elementos disposicionais, a primeira questão permite que avaliemos crenças, atitudes e postura crítica dos alunos.

As questões Q2, Q3, Q4 e Q5 avaliam a percepção que os alunos possuem sobre sua própria aprendizagem em Estatística. As questões que vão de Q6 a Q9 consideram conhecimento de contexto e questionamento crítico, bem como suas crenças. As questões finais da primeira parte, Q10 e Q11, abordam crenças e atitudes dos alunos a respeito da produção do conhecimento científico em Estatística, das etapas do ciclo investigativo e da confiabilidade das investigações estatísticas.

A terceira e última parte é constituída por cinco questões do ENEM (Q25 a Q29) e pretende indicar conhecimentos, com ênfase na leitura e interpretação de tabelas e gráficos estatísticos. O nível das habilidades de letramento exigidas aqui é básico. Um aprofundamento possível para esse conjunto de questões seria a consideração de pesquisas que tenham tido como objeto os itens desse exame, tais como Goulart (2007) e Nunes (2013) para a Probabilidade, e Silva (2007) para a Estatística.

Na seção seguinte, discutiremos nossos resultados.

4 Resultados e análise

Passamos a apresentar a análise das relações identificadas com o *software* CHIC. Primeiramente, algumas observações sobre os sujeitos da pesquisa e as condições nas quais ela foi realizada, para contextualizar nossa análise. Devemos ressaltar que essa escola é bem conhecida pelo primeiro autor da pesquisa, que nela trabalha há mais de dez anos. Além disso, os estudantes que responderam nosso questionário tiveram aulas com esse professor pelo período de um a três anos.

Nossos dados foram coletados em junho de 2018, momento no qual os alunos dessa rede de ensino têm seu primeiro contato com a Estatística no Ensino Médio, nas aulas de Matemática. Alguns deles, eventualmente, travaram contato com a Estatística em outras disciplinas no Ensino Fundamental, como as Ciências, a Educação Física ou a Geografia, ou mesmo no Ensino Médio, em disciplinas como a Biologia, a Física ou a Sociologia. Não podemos desconsiderar seu contato com a Estatística em ambiente extraescolar por meio das mais diversas mídias e contextos pessoais, familiares, sociais e profissionais. No ano em que nossa coleta foi realizada tivemos eleições majoritárias no Brasil e as primeiras pesquisas eleitorais já eram regularmente apresentadas em jornais, rádio, TV e internet. Além disso, devemos esclarecer que o referido currículo só considera a Estatística Descritiva. Não há Estatística Inferencial no Ensino Médio nessa rede de ensino.

O preenchimento do questionário foi opcional para os alunos, não estando atrelado à nota, mas todos os estudantes participaram. Foram descartados os questionários com rasuras que comprometiam sua leitura, questionários com respostas duplas ou mesmo triplas em questões objetivas com uma única alternativa possível, com respostas em branco, ou mesmo uma das quatro páginas em branco (alunos que provavelmente não notaram o verso das folhas), e ficamos com 86 questionários válidos de 114 questionários preenchidos.

Não excluímos, no entanto, os questionários que estavam sem a resposta da primeira questão. Era a única questão aberta da pesquisa. Era também uma questão complexa. Uma pergunta similar foi apresentada, posteriormente, por meio de registro de áudio e vídeo, em 50 entrevistas com alunos, professores e gestores escolares. Verificamos dificuldade

em definir a Estatística, em dizer se ela é um campo da Matemática ou uma ciência autônoma ou mesmo em classificá-la como ciência exata ou ciência social. Cerca de 16,3% dos alunos não responderam essa questão e, ainda assim, seus questionários foram considerados válidos.

Dentre os 86 respondentes, para nossa variável suplementar sexo, observamos 51,2% de homens e 48,8% de mulheres. As idades variam de 16 a 19 anos, prevalecendo a idade de 17 anos (82,6%), idade considerada esperada para um aluno concluinte do Ensino Médio que nunca tenha sido reprovado na escola.

Feitas essas observações, vamos, agora, tratar especificamente dos resultados observados a partir das relações identificadas por meio do *software* CHIC.

Os sujeitos participantes apresentam atributos (características) A, B, C, ..., que serão cruzados pelo *software*. De todos os cruzamentos possíveis, são selecionados apenas os valores máximos, identificados no grafo como $A \rightarrow B$, significando que se A é observado, então B provavelmente é observado, com um índice que indica a medida da qualidade implicativa da regra $A \rightarrow B$, chamado índice coesitivo, que é calculado pelo *software* automaticamente ao longo do tratamento dos dados.

Os índices determinados consideram as relações entre os conjuntos de características A e B, mas também buscando estudar a interseção entre o conjunto A e o conjunto (não B) para dar força a esses contraexemplos. Uma análise profunda explicativa do *software* não é foco neste texto, por isso nos limitaremos às explicações necessárias para a compreensão ao longo de seu uso. Pela limitação de espaço neste artigo, faremos apenas algumas das análises possíveis. Observamos alguns dos caminhos constituídos para analisar as informações que podem ser inferidas a partir deles. Analisaremos, nesse artigo, apenas as questões relativas à Estatística

4.1 Análise Coesitiva

Iniciamos nossas análises pelo estudo das regras coesitivas identificadas, conforme a Figura 3, que é composta por várias classes, ou seja, várias meta-regras que associam as variáveis em jogo.

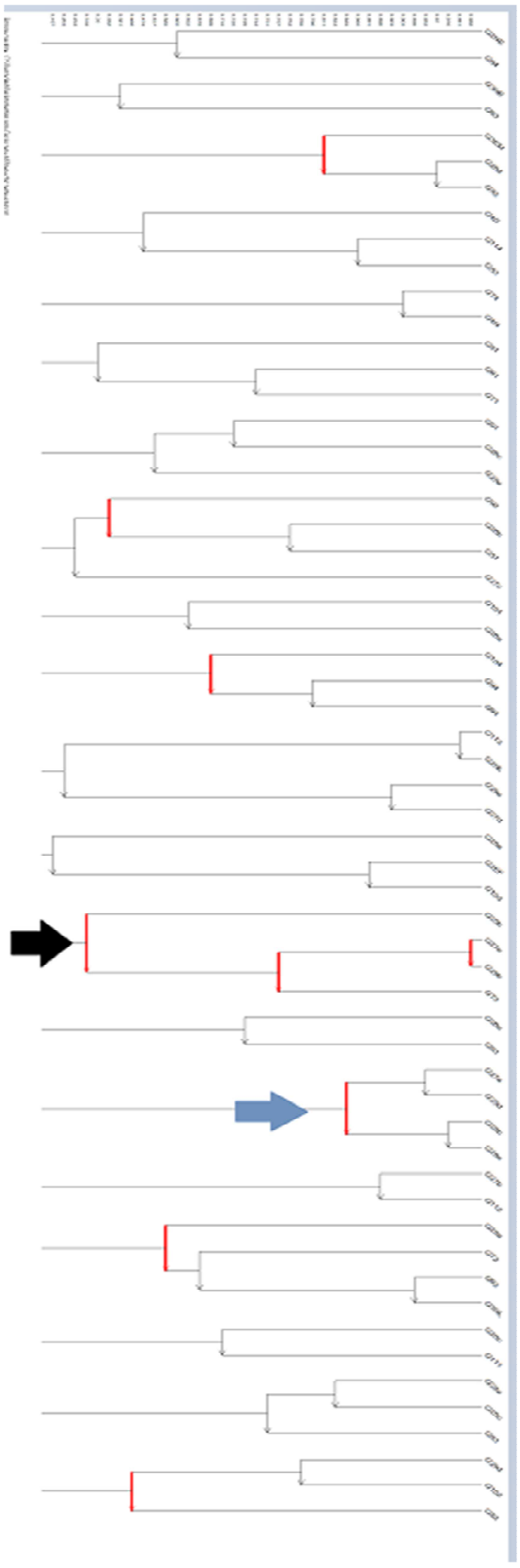


Figura 4 – Árvore Coesitiva para as questões relativas à Estatística (Fonte: dados da pesquisa)

Seguimos nossa análise pelas classes assinaladas na figura, uma por ser a que tem o maior número de nós significativos (nos termos do *software*, nós assinalados em vermelho), e outra pelo conjunto de variáveis que ela envolve. Faremos o destaque dessas classes para melhor explicitação das meta-regras identificadas, lembrando que na análise coesitiva, tais meta-regras têm a forma “se A ocorre, então provavelmente B ocorre”, o que constitui um quase-teorema.

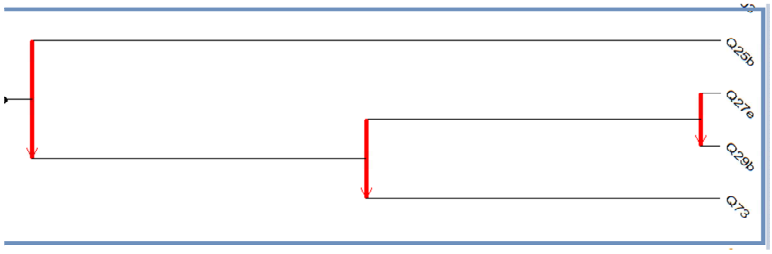


Figura 5 – Classe coesitiva em análise. Fonte: dados da pesquisa

As variáveis em jogo referem-se às seguintes características: (Q25b) opção b, envolvendo média, como resposta ao problema proposto sobre compra de produtos a partir da análise de uma tabela, sendo que a resposta correta seria a opção d; (Q27e) opção e, envolvendo mediana, como resposta ao problema proposto sobre comportamento do emprego formal no Brasil, sendo que a resposta correta seria a opção b; (Q29b) opção b, envolvendo desvio-padrão, (resposta correta) como resposta ao problema proposto sobre pontuação de candidatos em um concurso; (Q73) concordância com o afirmado no item 7, “a Estatística é importante para tomar decisões no dia a dia”.

Observamos assim que nessa classe, das quatro variáveis envolvidas, três solicitavam conhecimento de conteúdos estatísticos, particularmente média, mediana e desvio-padrão, enquanto a quarta variável solicitava ao aluno uma posição quanto a uma afirmação sobre aplicabilidade da Estatística. Pela árvore coesitiva, se o respondente errou a questão 27, então provavelmente acertou a questão 29. Se esse comportamento foi observado, então provavelmente concordou que a Estatística é importante nas decisões do seu dia a dia. Finalmente, se errou a questão 25, então provavelmente apresentou o comportamento descrito. O conjunto das respostas nos leva a inferir o pouco conhecimento de conteúdos estatísticos relativos ao estudo da variação de dados, o que seria de extrema valia nas decisões cotidianas.

As questões Q25, Q27 e Q29, assim como a questão Q28, são também associadas em outras meta-regras que envolvem outras opções para respostas das mesmas, como ilustra a Figura 5, que passamos a discutir.

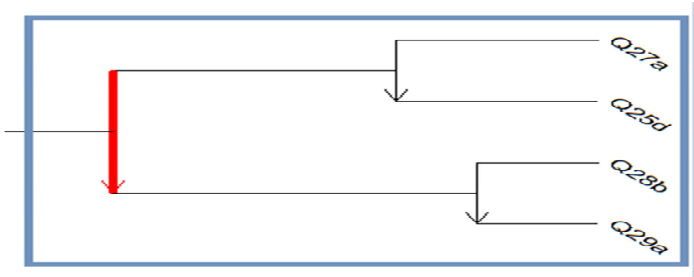


Figura 6 – Trecho da árvore coesitiva. Fonte: dados da pesquisa

As variáveis em jogo nessa classe são: (Q27a) opção a para a questão 27, tratando de um problema que envolve mediana – a resposta certa seria b; (Q25d) opção d, correta,

para a questão 25, que envolve o cálculo de uma média; (Q28b) resposta b, correta, para a questão 28, que envolve a análise do desvio-padrão; (Q29a) resposta a, correta, para a questão 29 que trata da taxa de desemprego de regiões brasileiras dadas em um gráfico de barras. Observemos que nesse grupo de questões, apenas uma questão não teve opção correta, e a leitura da árvore coesitiva nos conduz a: se errou a questão 27 respondendo item a, então provavelmente acertou a questão 25; se acertou a questão 28 então provavelmente acertou a questão 29. Finalmente, se teve o primeiro comportamento assinalado, então provavelmente apresentou o segundo comportamento assinalado. De uma forma geral, fazemos a hipótese das relações entre os conhecimentos (presença ou ausência) de média e desvio-padrão são articulados, assim como o conhecimento prático do cálculo de uma taxa. Na sequência do texto, buscaremos compreender as relações identificadas na árvore de similaridades.

4.2 Análise de similaridades

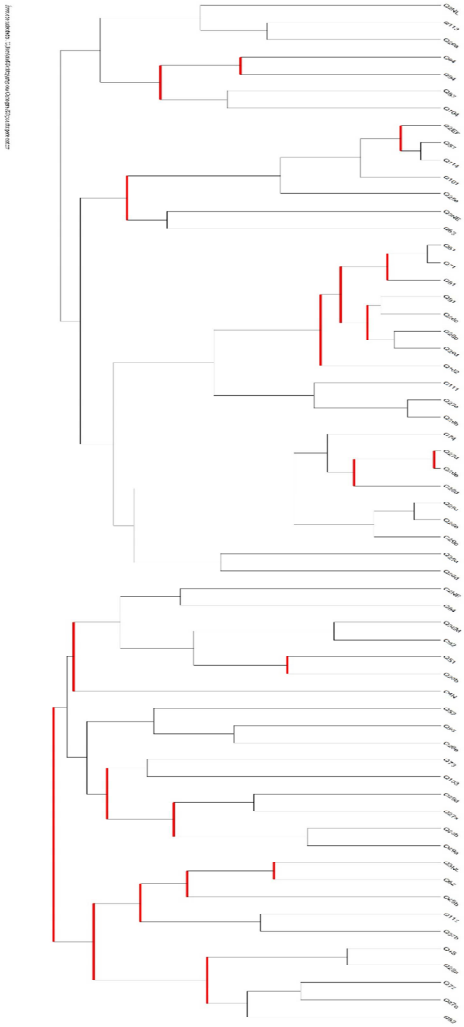


Figura 7 – Árvore de similaridades. Fonte: dados da pesquisa

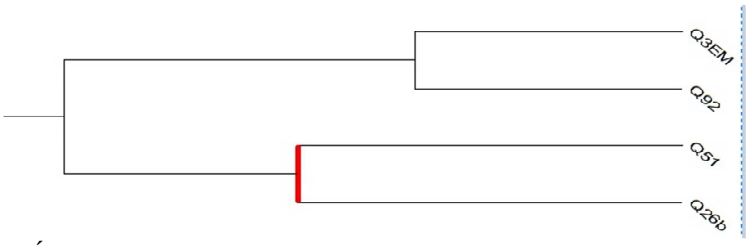


Figura 6 – Árvore de similaridades: Relações Siginicativas. Fonte: dados da pesquisa

Os alunos que alegam ter estudado a Estatística no Ensino Médio (Q3EM) têm comportamento similar aos que discordam da afirmação 9, ou seja, discordam que a Estatística é uma área da Matemática sendo uma ciência exata. Da mesma forma, quem afirma não ter conhecimento algum de Estatística (Q51) provavelmente também respondeu b para a questão 26 (opção correta e). O reconhecimento sobre a falta de conhecimento estatístico é compreensível, pelos motivos já expostos nesse artigo. Uma vez que, graças a questões curriculares, não estudaram esse tema, fica difícil comparar, dispondo em ordem crescente, média, mediana e moda, ainda que o contexto desse problema seja tão familiar aos brasileiros, como o futebol.

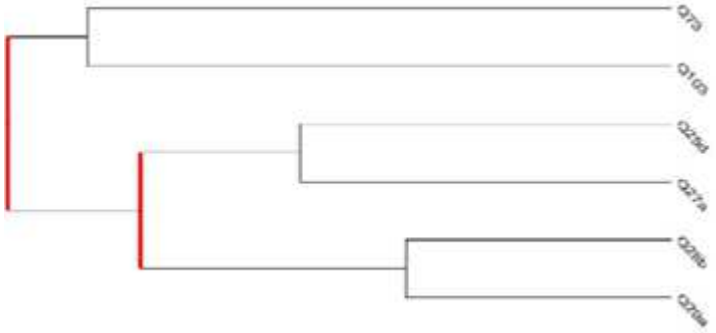


Figura 7 – Árvore de similaridades: Relações Significativas. Fonte: dados da pesquisa

Os alunos que concordam que a Estatística é importante para o processo de tomada de decisões em problemas do dia a dia (Q73) têm comportamento similar aos que confiam em pesquisas estatísticas (Q103), posição intrinsecamente coerente, envolvendo os elementos disposicionais de letramento de Gal (2002, 2004, 2019), crenças e atitudes. Tal grupo apresenta comportamento similar àqueles que apresentaram bom aproveitamento nas questões do ENEM, com 75% de acerto no conjunto que abarca as questões Q25, Q27, Q28 e Q29.

Tais alunos erram a questão 27 (Q27a) envolvendo mediana em um gráfico de curva com valores relativamente elevados acertaram outras três questões do ENEM que envolveram média, moda, mediana e desvio padrão com grau de dificuldade similar (Q25d, Q28b e Q29a). Mesmo conhecendo a Estatística por meio da escola, os alunos estão familiarizados aos gráficos de barras e colunas (Q29) pela sua superexposição na mídia e problemas semelhantes a esses.

Além disso, as questões Q25, Q28 e Q29 envolvem valores menores, mais próximos daqueles encontrados nos problemas de Matemática apresentados nos livros didáticos (GIORDANO, 2016) e podem ser compreendidos pelos contextos dos quais tratavam as questões (empresas como uma pizzaria ou tecelagem, desemprego, situação de avaliação escolar), como defende a Análise Exploratória de Dados – AED (BATANERO et al., 1991).

Ressaltamos que esses alunos afirmam possuir bom nível de conhecimento sobre Estatística (Q53), mas o seu rendimento pode ser justificado mais pelo seu nível de cultura geral do que de Estatística, em nível escolar, uma vez que careciam dessa experiência (BATANERO e DÍAZ, 2004).

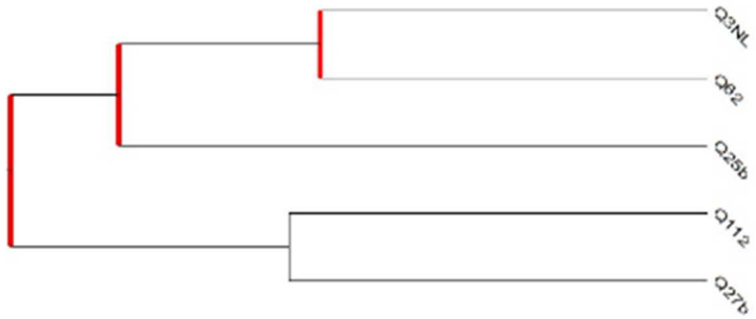


Figura 8 – Árvore de similaridades: Relações Significativas. Fonte: dados da pesquisa

Os alunos que não se recordam sobre ter ou não estudado a Estatística no Ensino Médio (Q3NL) não estão bem certos sobre a importância da mesma para a compreensão das notícias veiculadas pelas mais diversas mídias (Q62), apresentando comportamento similar àqueles que erraram a questão Q25, embora seu enunciado seja questionável (ver Anexo 1).

A referida questão solicita que o aluno avalie a evolução de duas empresas, mas ao mesmo tempo estabelece como critério para a escolha das duas melhores apenas a média de sua receita bruta anual nos três últimos anos. A empresa Z, presente no item b, apresentou a maior evolução, embora as empresas X e Y, da alternativa correta, apresentassem médias maiores. A qualidade das questões de Estatística presentes no ENEM não favorece o letramento estatístico e probabilístico segundo Goulart (2015).

Os alunos que alegam desconhecer como são realizadas as pesquisas estatísticas (Q112) tem comportamento similar aos alunos que acertaram a questão Q27 (Q27b). Tal questão apresentava uma situação típica daquelas estudadas em outras disciplinas como Geografia ou Sociologia, ou até mesmo por políticos em campanhas eleitorais, uma questão sobre o desemprego no Brasil. Vale lembrar que o nosso país vivia a efervescência das discussões políticas na medida em que se aproximavam as eleições majoritárias e que boa parte desses alunos já possuíam o título de eleitor (no Brasil o voto é facultativo a partir dos 16 e obrigatório a partir dos 18 anos de idade). Não conhecer os procedimentos típicos da realização de uma pesquisa estatística aparentemente não comprometia análise do gráfico de curva.

Figura 9 – Árvore de similaridades: Relações significativas. Fonte: dados da pesquisa

Os alunos que se recordam sobre ter estudado a Estatística no Ensino Fundamental (Q4S) apresentam comportamento similar àqueles que não obtiveram êxito na questão Q27 (Q28A), que versava sobre desvio padrão. Consideramos essa reação compreensível, pois ainda que pela proposta curricular vigente nessa escola previsse Estatística Descritiva no Ensino Fundamental, o estudo do desvio padrão estava reservado ao 3º ano do Ensino Médio, em um momento posterior à nossa coleta de dados.

Os alunos que discordam parcialmente que a Estatística é importante para o processo de tomada de decisões em problemas do dia a dia (Q72) apresentam comportamento similar aos que não foram bem-sucedidos na questão Q27, que envolvia leitura e interpretação de um gráfico de curva. Esses grupos, por sua vez, apresentaram comportamento similar ao dos alunos não estavam bem certos quanto à importância da Estatística na tomada de decisões no enfrentamento dos problemas do dia a dia (Q82), revelando dificuldades encontradas com frequência no ensino e aprendizagem de Estatística (BATANERO et al., 1994).

Figura 10 – Árvore de similaridades: Relações significativas. Fonte: dados da pesquisa

Os alunos que consideram a Estatística extremamente importante para a compreensão das notícias de rádio, TV, internet e jornais (Q64) tem comportamento similar àqueles que acreditam muito que a Estatística seja uma Ciência Exata (Q94), de modo similar àqueles que consideram que utilizarão os conhecimentos estatísticos no Ensino Superior (Q83), julgando a Estatística como uma Ciência Exata (Q94). A sua compreensão como ciência exata pode lhe conferir credibilidade, graças ao estereótipo que acompanha as tais ciências e à percepção de que ela é necessária para compreender notícias da mídia é reforçada por sua presença no material didático (livro didático e Caderno do Aluno) de outras áreas, inclusive no de Língua Portuguesa, onde esteve presente, inclusive, em avaliações institucionais dessa disciplina, como as AAP (Avaliação de Aprendizagem em Processo). A proximidade cada vez maior das áreas de Matemática e Língua Portuguesa é discutida por Giordano (2016).

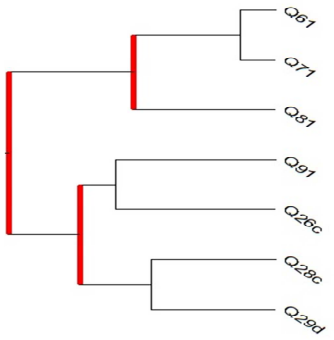


Figura 11 – Árvore de similaridades: Relações significativas. Fonte: dados da pesquisa

Os alunos que consideram que a Estatística não é importante para a compreensão das notícias de rádio, TV, internet e jornais (Q61), ou mesmo para a tomada de decisões em seu dia a dia (Q71) tem comportamento similar àqueles não têm perspectiva de estuda-la na universidade, nos cursos de sua escolha (Q81). Tais concepções estão em consonância às do grupo que não compreendem a Estatística como ciência exata, errando as questões 26 (Q26c), 28 (Q28c) e 29 (Q29d).

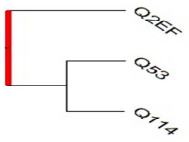


Figura 12 – Árvore de similaridades: Relações significativas. Fonte: dados da pesquisa

Os alunos que alegam ter estudado a Estatística no Ensino Fundamental (Q2F) tem comportamento similar àqueles que julgam possuir um bom nível de conhecimento sobre essa ciência (Q53) e alegam saber muito bem como são realizadas as pesquisas estatísticas (Q114), apresentando uma concepção simplista sobre ela. Ao longo dos trabalhos em sala de aula ficou claro que muitos deles confundiam pesquisas estatísticas com meras enquetes, subestimando a complexidade dessa ciência.

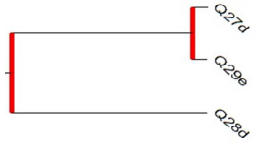


Figura 13 – Árvore de similaridades: Relações significativas. Fonte: dados da pesquisa

Os alunos que consideram que erraram as questões Q27 e Q29 tem comportamento similar àqueles que erraram a questão Q28. Podemos inferir aqui que a sua dificuldade em ler e interpretar gráficos estatísticos e tabelas são, em parte, provocados pela excessiva algebrização da Matemática e da Estatística, como aponta a pesquisa de Cobello (2018), uma vez que as atividades presentes no material didático dos alunos dessa rede de ensino ressaltavam aspectos algébricos procedimentais, em prejuízo aos aspectos crítico-reflexivos, valorizando a atividade individual em prejuízo da produção coletiva e a realização de projetos de pesquisa. Essa tendência contraria os pressupostos da Análise Exploratória de Dados (BATANERO et al., 1991).

4.3 Análise implicativa

Para analisar as relações (meta-regras) estabelecidas a partir da análise implicativa escolhemos a teoria clássica e a distribuição binomial. Justificamos pelo fato de que pela distribuição de Poisson não foram observadas meta-regras consistentes com as premissas desse estudo.

A análise implicativa associa variáveis A e B segundo uma meta-regra na qual “se A ocorre, então provavelmente B ocorre”. As setas coloridas indicam os níveis de confiança segundo a qual podemos ler tais associações. No nosso grafo, as setas de cor cinza indicam valores menores ou iguais a 0,80. Em verde temos valores entre 0,81 e 0,85; em azul, a variação é entre 0,86 e 0,90 e, finalmente, em vermelho de 0,91 até 0,95. Tal escala está representada na Figura 14.

Vale ressaltar que os resultados da análise implicativa, juntamente com os resultados da análise de similaridades e da análise coesitiva, já apresentadas no texto, nos permitiram elaborar um cenário para os conhecimentos prévios dos alunos que, na sequência da fase experimental da pesquisa de doutorado da qual esse texto é um recorte, construirão seus conhecimentos e desenvolverão seu letramento estatístico a partir de uma abordagem por projetos.

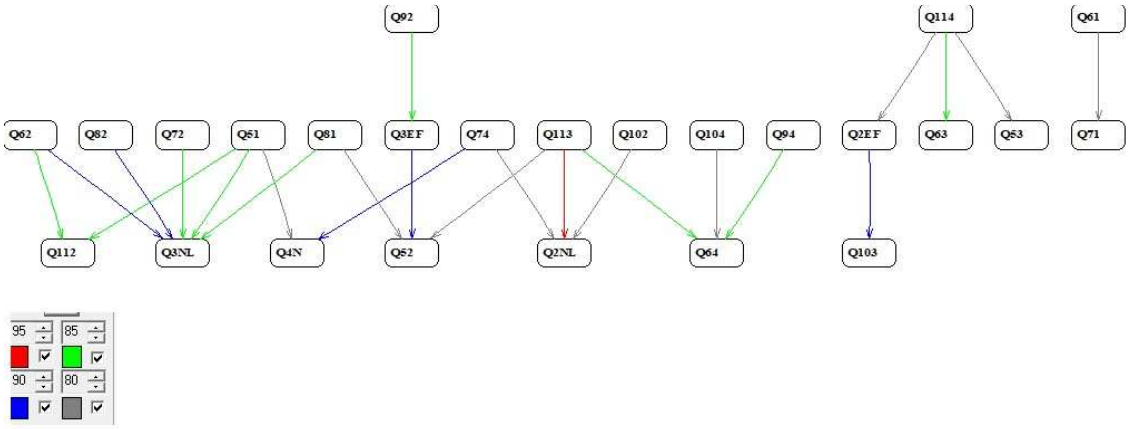


Figura 14 - Grafo implicativo. Fonte: Dados da Pesquisa.

Iniciaremos a análise pelo caminho que apresenta uma seta vermelha, ou seja, o de maior nível de confiança: Q113 →Q2NL, que significa que se afirmou concordância com a afirmação “sabe como são realizadas as pesquisas estatísticas”, então provavelmente não lembra se “estudou Estatística no Ensino Fundamental”. A variável típica desse comportamento é o sexo masculino, com risco 0,195. Pela presença maciça da Estatística nas mídias, sobretudo considerando o período eleitoral no qual a pesquisa foi realizada, podemos inferir que esse grupo compreende as informações dadas nessas pesquisas apenas de uma forma intuitiva. Temos aqui um primeiro indicativo sobre a necessidade de iniciar a abordagem dos conteúdos estatísticos de forma cuidadosa e sem supor conhecimentos prévios estáveis.

Mantendo-nos nos caminhos que terminam também em Q2NL (não lembra se estudou estatística no ensino fundamental), passamos para Q74 → Q2NL (acreditam que a Estatística serve para a tomada de decisões no dia a dia) e Q102 → Q2NL (discorda que confia em pesquisas estatísticas). Em ambos observamos as mesmas variáveis típicas: sexo feminino com risco 0,246. Tais caminhos nos conduzem a reforçar a inferência feita no parágrafo anterior, sobre necessidades para o início da abordagem da Estatística com os alunos envolvidos. Destacamos que entre os 86 respondentes, 56 deles assinalaram a opção que indicava não lembrar de ter aprendido a Estatística no Ensino Fundamental, ou seja, as opções assinaladas como respostas a outros itens independem do conhecimento estatístico anterior.

Ressaltamos que apesar de termos conteúdos estatísticos no Ensino Fundamental brasileiro, tal como orientam os Parâmetros Curriculares Nacionais e como está presente nos livros didáticos, temos informações (ainda não formalizadas em forma de pesquisa, mas que é amplamente divulgado em reuniões e eventos com participação dos docentes) de que tais conteúdos são pouco ou nada abordados, o que explica as respostas observadas em nosso questionário.

Uma outra variável que também está relacionada com vários caminhos implicativos é Q3NL, que significa que não lembra se estudou Estatística no Ensino Médio. Lembramos aqui que os respondentes estão no terceiro ano do Ensino Médio e ainda não cumpriram os conteúdos de Estatística no currículo do Estado de São Paulo. Assinalaram essa opção 41 dos 86 respondentes. Segundo esse currículo citado, os alunos estudam Probabilidade ao longo do segundo ano do Ensino Médio, o que nos leva a inferir que eles não associam a Probabilidade com a Estatística. Vale ressaltar que tanto no Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2012, 2014), quanto nos livros Didáticos (GIORDANO, 2016) a Estatística Descritiva é apresentada de maneira descontextualizada e isolada. Já a Probabilidade, é

apresentada no segundo ano do Ensino Médio associada à Combinatória, na perspectiva clássica ou laplaciana, com forte viés da equiprobabilidade. Esse autor afirma que a probabilidade frequentista, embora prevista pela BNCC (BRASIL, 2017, 2018), ainda não foi colocada em prática nas escolas dessa rede de ensino. O quadro 1 apresenta os caminhos encontrados.

Caminho	Significado do ponto de partida
Q62 → Q3NL	Discorda que a Estatística é importante para compreender as notícias do rádio, da tv, da internet, dos jornais
Q82 → Q3NL	Não acredita que irá utilizar a Estatística no(s) curso(s) superior(es) que pretende fazer
Q72 → Q3NL	Discorda que a Estatística importante para tomar decisões em seu dia a dia
Q51 → Q3NL	Classifique seu nível de conhecimentos em Estatística (1 – ausência de conhecimento)
Q81 → Q3NL	Desacredita totalmente que irá utilizar a Estatística no(s) curso(s) superior(es) que pretende fazer

Quadro 1 – Caminhos implicativos determinados na análise das variáveis em jogo. Fonte: dados da pesquisa

Os caminhos demarcados permitem inferir a pouca importância que os alunos atribuem aos conceitos estatísticos: não acreditam em sua utilidade nem no dia a dia, nem no seu futuro profissional, e atestam seu pouco conhecimento desses conceitos, implicando, provavelmente, na não lembrança de já ter cursado a disciplina no Ensino Médio. Tais inferências são compreendidas em um nível de significância entre 0,85 e 0,90. Nada afirmaremos sobre variáveis típicas uma vez que o risco assinalado nesses caminhos está em torno de 0,49, independentemente da variável assinalada. Novamente aqui inferimos, tal como nos caminhos discutidos anteriormente, a necessidade de uma abordagem bastante cuidadosa dos conteúdos estatísticos, indicando a importância do desenvolvimento completo do letramento estatístico dos alunos, o que guia, certamente, as ações da fase experimental com o desenvolvimento dos projetos pelos alunos. Apresentaremos, agora, nossas conclusões.

5 Considerações Finais

Buscamos, neste texto, discutir sobre a aplicação de um questionário piloto cujas respostas foram analisadas com uso do *software* CHIC, por meio da análise implicativa. Tal análise nos indica a necessidade de que sejam trabalhadas situações de conscientização sobre a natureza e relevância do estudo de Estatística e Probabilidade.

Os resultados indicam que os conhecimentos prévios apresentados pelos alunos são bastante frágeis e precisam ser trabalhados com maior profundidade, e o presente instrumento (questionário) mostrou-se eficaz para o auxílio ao planejamento das atividades para abordagem da Estatístico no semestre seguinte na escola estudada, que constou na abordagem por projetos, nos moldes propostos por Batanero e Díaz (2004, 2011).

Referências

[1] Almouloud, S. A. (2005), *L´analyse statistitique de données multidimensionnelles:* outil révélateur des conceptions d´enseignants en formation. Palermo, Itália: Troisièmes Rencontres Internationales A.S.I. Analyse Statistique Implicative. Disponível em: http://dipmat.math.unipa.it/~grim/asi/asi_05_saddo_5.pdf.

[2] Batanero, C., Estepa, A. e Godino, J. D. (1991), Análisis exploratorio de datos: sus posibilidades en la enseñanza secundaria. *Suma*, 9, 25-31.

[3] Batanero, C. e Díaz, C. (2004), El papel de los proyectos en la enseñanza y aprendizaje de la estadística. Em J. P. Royo (Ed.). *Aspectos didácticos de las matemáticas*, Zaragoza: ICE, 125-164.

[4] Batanero, C. e Díaz, C. (2011), *Estadística con proyectos*. Granada: Universidad de Granada.

[5] Batanero, C., Godino, J. D., Green, D. R., Holmes, P. e Vallecillos, A. (1994), Errores y dificultades en la comprensión de los conceptos estadísticos elementales. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 25 (4), 527-547.

[6] Brasil. (1997), Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais*: Matemática (1.º e 2.º ciclos do Ensino Fundamental). Ministério da Educação e Cultura, Brasília.

[7] Brasil. (1998), Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais*: Matemática (3.º e 4.º ciclos do Ensino Fundamental). Ministério da Educação e Cultura, Brasília.

[8] Brasil. (2000), Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais (Ensino Médio).* Ministério da Educação e Cultura, Brasília.

[9] Brasil (2017), Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular - Educação é a Base:* Ensino Fundamental. Ministério da Educação e Cultura, Brasília.

[10] Brasil. (2018), Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular - Educação é a Base:* Ensino Médio. Ministério da Educação e Cultura, Brasília.

[11] Campos, S. G. V. B. (2007), *Trabalho de projetos no processo de ensinar e aprender Estatística na Universidade.* Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia.

[12] Carvalho, D. L. (2007), Trabalho com projetos no ensino e na aprendizagem de Estatística: benefícios, problemas, limitações... Rev. *Teoria e Prática na Educação,* v. 10, n. 3, 139-149.

[13] Cobello, L. S. (2018), *Letramento estatístico*: análise e reflexões sobre as tarefas contidas no material didático da secretária estadual de educação de São Paulo para o Ensino Médio. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos.

[14] Conti, K. C. (2009), O papel da Estatística na inclusão de alunos da educação de jovens e adultos em atividades letradas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas.

[15] Costa, G. D. F. D. (2012), A metodologia de projetos como uma alternativa para ensinar Estatística no Ensino Superior. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.

[16] Couturier, R. D Gras, R. (2005), CHIC: traitement de données avec l'analyse implicative. En C. Ritschard y Djeraba (Eds.), *Journées d'extraction et gestion des connaissances (EGC'2005),* Vol.2, 679-684.

[17] Gal, I. (2002), Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70 (1), 1-25.
[18] Gal, I. (2004), Statistical literacy. In: The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking. Springer, Dordrecht, 47-78.
[19] Gal, I. (2019), Understanding statistical literacy: About knowledge of contexts and models. En J. M. Contreras, M. M. Gea, M. M. López-Martín y E. Molina-Portillo (Eds.*), Actas del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estadística*. Disponible en www.ugr.es/local/fqm126/civeest.html
[20] Giordano, C. C. (2016), *O desenvolvimento do letramento estatístico por meio de projetos*: um estudo com alunos do Ensino Médio. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
[21] Goulart, A. (2007) *O discurso sobre os conceitos probabilísticos para a escola básica.* Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.
[22] Goulart, A. (2015), *Um estudo sobre a abordagem dos conteúdos estatísticos em cursos de Licenciatura em Matemática*: uma proposta sob a ótica da ecologia do didático. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
[23] Gras, R., Régnier, J. C., Marinica, C. e Guillet, F. (2013), L'analyse statistique implicative Méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités. Toulouse: Cépaduès Editions.
[24] Jacobini, O. R. (2004), *A modelagem matemática como instrumento de ação política na sala de aula*. Tese de Doutorado. Universidade Estatual Paulista.
[25] Lopes, C. E. (1998), *A Probabilidade e a Estatística no Ensino Fundamental:* uma análise curricular. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas.
[26] Megid, M. A. B. A. (2002), *Professores e alunos construindo saberes e significados em um projeto de Estatística para a 6ª serie*: estudo de duas experiências em escolas pública e particular. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas.
[27] Melo, K. M. F. (2017), *O pensamento estatístico no Ensino Fundamental*: uma experiência articulando o desenvolvimento de projetos de pesquisa com os conceitos básicos da Estatística implementados em uma sequência didática eletrônica. Tese de Doutorado. Universidade Luterana do Brasil.
[28] Mendonça, L. D. O. (2008), *A educação Estatística em um ambiente de modelagem matemática no Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado. Universidade Cruzeiro do Sul.
[29] Nunes, S. M. L. (2013) *A proficiência matemática dos alunos brasileiros no PISA 2003:* Uma análise dos itens de incerteza. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
[30] Orús, P., Zamora, L., & Gregori H., P. (2009), *Teoría y aplicaciones del Análisis Estadístico Implicativo*: primera aproximación en lengua hispana. Castelló de Plana: Innovació Digital, Castelló.
[31] Prado, M. (2002), O uso do CHIC na análise de registros textuais em ambiente virtual de formação de professores. *Educação Matemática Pesquisa*– PUC-SP 4(2), 103-123.
[32] São Paulo. (2012), Currículo do estado de São Paulo: Matemática e suas tecnologias: Ensino Fundamental ciclo II e Ensino Médio. SE/CENP, São Paulo.
[33] São Paulo (2014), *Proposta curricular: caderno do aluno – Ensino Médio*: Matemática, v. 2. IMESP, São Paulo.

[34] Silva, J. C. (2007). *Conhecimentos Estatísticos e os Exames oficiais*: SAEB, ENEM, SARESP. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
[35] Valente, J. A., & de Almeida, M. E. B. (2015). *Uso do CHIC na formação de educadores*. Letra Capital Editora LTDA. Rio de Janeiro.

Anexo

Anexo 1 – Questionário

1 - O que é Estatística? Ela é uma ciência exata ou uma ciência social? É uma área da Matemática?

2 - Você já estudou Estatística no Ensino Fundamental? Em que ano?
( ) 1º ( ) 2º ( ) 3º ( ) 4º ( ) 5º ( ) 6º ( ) 7º ( ) 8º ( ) 9º ( ) não lembra ( ) nunca estudou

3 - Você já estudou Estatística no Ensino Médio? Em que ano?
( ) 1º ( ) 2º ( ) 3º ( ) não lembra ( ) nunca estudou

4 - Você já estudou Estatística em outro curso, fora do ensino regular?
( ) Não ( ) Sim, estudei no(s) curso(s): _____

5 - Classifique seu nível de conhecimentos em Estatística

	1	2	3	4	
Ausência de conhecimento	☐	☐	☐	☐	Domínio perfeito

6 - A Estatística é importante para compreender as notícias do rádio, da tv, da internet, dos jornais?

	1	2	3	4	
Discordo totalmente	☐	☐	☐	☐	Concordo totalmente

7 - Você concorda que a Estatística importante para tomar decisões em seu dia a dia?

	1	2	3	4	
Discordo totalmente	☐	☐	☐	☐	Concordo totalmente

8 - Você acredita que irá utilizar a Estatística no(s) curso(s) superior(es) que pretende fazer?

	1	2	3	4	
Não acredito	☐	☐	☐	☐	Acredito totalmente

9 - Você acredita que Estatística é uma área da Matemática, portando uma ciência exata?

	1	2	3	4	
Não acredito	☐	☐	☐	☐	Acredito totalmente

10 – Você confia em pesquisas estatísticas?

1	2	3	4

Não confio ☐ ☐ ☐ ☐ Confio totalmente

11 – Você sabe como são realizadas as pesquisas estatísticas?

1 2 3 4

Não sei ☐ ☐ ☐ ☐ Sei muito bem

12 - Você já estudou Probabilidade no Ensino Fundamental? Em que ano?
( ) 1º ( ) 2º ( ) 3º ( ) 4º ( ) 5º ( ) 6º ( ) 7º ( ) 8º ( ) 9 ( ) não lembra ( ) nunca estudou

13 - Você já estudou Probabilidade no Ensino Médio? Em que ano?
( ) 1º ( ) 2º ( ) 3º ( ) não lembra ( ) nunca estudou

14 - Você já estudou Probabilidade em outro curso, fora do ensino regular?
( ) Não ( ) Sim, estudei no(s) curso(s): _____

15 - Classifique seu nível de conhecimentos sobre Probabilidade:

1 2 3 4

Ausência de conhecimento ☐ ☐ ☐ ☐ Domínio perfeito

Nas afirmativas a seguir, indique seu nível de concordância, seguindo a escada abaixo:

1- Discordo totalmente
2- Discordo parcialmente
3- Concordo parcialmente
4- Concordo plenamente

16 - Em um lançamento de dois dados cúbicos comuns, numerados de 1 a 6, não viciados, as chances de obtermos soma dos valores das duas faces voltadas para cima igual a 9 é a mesma da soma 10?_____

17 - Em um sorteio da Mega-Sena, as chances de alguém ganhar com a aposta: 1, 2, 3, 4, 5, 6 é menor do que as chances de ganhar com a aposta: 5, 12, 23, 38, 45, 56? :_____

18 - No caso anterior, essa seria uma boa aposta, pois sendo um resultado incomum, se alguém ganhar, dividirá o prêmio com um número menor de apostadores, concorda?

19 - Um raio não cai duas vezes no mesmo lugar?_____

20 - A chance de uma pessoa morrer ao pular do 12º andar de um prédio diretamente para o asfalto é o dobro da chance de morrer se pular do 6º andar?_____

21 - Quando nossa fila no caixa de um supermercado ou em um pedágio de estrada fica muito lenta é sempre uma boa escolha mudar para a fila do lado, que está mais rápida?_____

22 - Embaralhei as cartas de um baralho tradicional e retirei ao acaso um valete de copas, recolocando-o no monte em seguida. Em uma segunda retirada, a chance de sair outro valete de copas é menor do que a de retirar qualquer outra carta?_____

23 - No sábado, na previsão do tempo, foi anunciado que a probabilidade de não haver chuvas na cidade de São Paulo no dia seguinte era de apenas 90%. No entanto, choveu no domingo. A previsão do tempo estava errada?_____

24 - Valquíria deseja emplacar seu carro com as iniciais de seu nome e os dias de aniversário dela (22) e da filha (13), mas ficou sabendo que a placa VAL2213 é rara,

sendo essa opção mais difícil do que a maioria das outras. Você concorda com essa informação?_____

ESTATÍSTICA NO ENEM

25 - (ENEM/2012) A tabela a seguir mostra a evolução da receita bruta anual nos três últimos anos de cinco microempresas (ME) que se encontram à venda.

ME	2009 (em milhares de reais)	2010 (em milhares de reais)	2011 (em milhares de reais)
Alfinetes V	200	220	240
Balas W	200	230	200
Chocolates X	250	210	215
Pizzaria Y	230	230	230
Tecelagem Z	160	210	245

Fonte: Dados fictícios

Um investidor deseja comprar duas das empresas listadas na tabela. Para tal, ele calcula a média da receita bruta anual dos últimos três anos (de 2009 até 2011) e escolhe as duas empresas de maior média anual. As empresas que este investidor escolhe comprar são:

a) Balas W e Pizzaria Y.
b) Chocolates X e Tecelagem Z.
c) Pizzaria Y e Alfinetes V.
d) Pizzaria Y e Chocolates X.
e) Tecelagem Z e Alfinetes V.

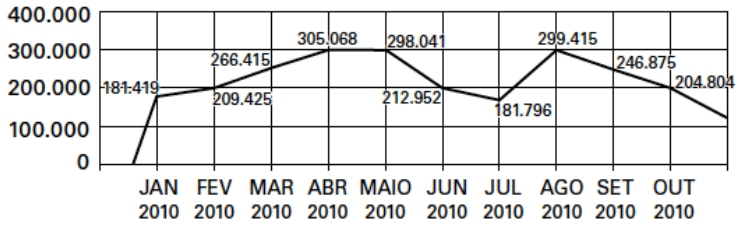
26 - (ENEM/2010) O quadro seguinte mostra o desempenho de um time de futebol no último campeonato. A coluna da esquerda mostra o número de gols marcados e a coluna da direita informa em quantos jogos o time marcou aquele número de gols.

Gols marcados	Quantidade de partidas
0	5
1	3
2	4
3	3
4	2
5	2
7	1

Fonte: Dados fictícios

Se X, Y e Z são, respectivamente, a média, a mediana e a moda desta distribuição,então:
a) $X = Y < Z$.
b) $Z < X = Y$.
c) $Y < Z < X$.
d) $Z < X < Y$.
e) $Z < Y < X$.

27 - (ENEM/2012) O gráfico apresenta o comportamento de emprego formal surgido, segundo o CAGED, no período de janeiro de 2010 a outubro de 2010.



Disponível em: www.mte.gov.br. Acesso em: 28 fev. 2012 (adaptado).

Pelo gráfico, o valor da parte inteira da mediana dos empregos formais surgidos no período é:

a) 212.952.
b) 229.913.
c) 240.621.
d) 255.496.
e) 298.041.

28 - (ENEM/2010) Marco e Paulo foram classificados em um concurso. Para classificação no concurso, o candidato deveria obter média aritmética na pontuação igual ou superior a 14. Em caso de empate na média, o desempate seria em favor da pontuação mais regular. No quadro a seguir são apresentados os pontos obtidos nas provas de Matemática, Português e Conhecimentos Gerais, a média, a mediana e o desvio padrão dos dois candidatos.

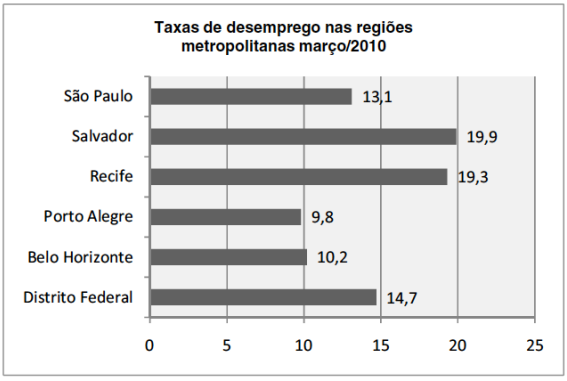
Dados dos candidatos no concurso

	Matemática	Português	Conhecimentos Gerais	Média	Mediana	Desvio Padrão
Marco	14	15	16	15	15	0,32
Paulo	8	19	18	15	18	4,97

Fonte: Dados fictícios

O candidato com pontuação mais regular, portanto mais bem classificado no concurso, é
a) Marco, pois a média e a mediana são iguais.
b) Marco, pois obteve menor desvio padrão.
c) Paulo, pois obteve a maior pontuação da tabela, 19 em Português.
d) Paulo, pois obteve maior mediana.
e) Paulo, pois obteve maior desvio padrão.

29 - (ENEM/2010) Os dados do gráfico seguinte foram gerados a partir de dados colhidos no conjunto de seis regiões metropolitanas pelo Dieese.



Disponível em: http://g1.globo.com. Acesso em: 28 abr. 2010 (adaptado).

Supondo que o total de pessoas pesquisadas na região metropolitana de Porto Alegre equivale a 250 000, o número de desempregados em março de 2010, nessa região, foi:

a) 24 500.
b) 25 000.
c) 220 500.
d) 223 000.
e) 227 500

APPORTS INTÉRESSANTS DE L'INDICE ASI-MGK ET DES COURBES D'APPRENTISSAGES EN DIDACTIQUE DE L'INFORMATIQUE

Bakys Bruno RALAHADY[1], André TOTOHASINA[2], Jean SIMON[3]

INTERESTING CONTRIBUTIONS FROM ASI-MGK INDEX AND CURVES OF LEARNING IN DIDACTIC OF INFORMATICS

RÉSUMÉ

Dans ce papier, nous allons présenter une partie des résultats préliminaires de notre recherche en didactique de l'informatique concernant l'introduction de la notion d'algorithmique au collège à Madagascar. Notre méthodologie s'est basée sur la comparaison de la progression de connaissance selon les pré-acquis en TICE des témoins cibles à l'aide des courbes d'évaluation et d'apprentissage sur l'identification des variables didactiques clés qui favoriseraient cette progression en utilisant l'analyse statistique implicative basé sur l'outils ASI-MGK

Mots-clés : *Courbe d'évaluation, didactique de l'informatique, ASI.*

ABSTRACT

In this paper, we will present some of the preliminary results of our research in computer didactics concerning the introduction of the notion of algorithmic in middle school in Madagascar. Our methodology was based on the comparison of the progression of knowledge according to the pre-acquisition in ICT of the target witnesses using the evaluation and learning curves on the identification of the key didactic variables which would favor this progression in using implicative statistical analysis based on ASI-MGK tools

Keywords: *Learning curve, informatics educations, ISA.*

1 Introduction

Comme le rappelle le rapport L'enseignement de l'informatique en France par exemple – Il est urgent de ne plus attendre, selon la publication de l'Académie des Sciences de mai 2013. Cette étude constitue une source d'inspiration importante de notre réflexion sur que nous menons sur les processus d'enseignement et d'apprentissage de l'algorithmique et de la programmation au niveau secondaire à Madagascar.

Plusieurs auteurs dans la littérature ont déjà étudié la présence d'algorithmes et de la programmation dans l'enseignement des mathématiques scolaires. Dans son travail, Rajoson (1988) étudie « *les conditions de la vie de certains algorithmes* », Nguyen et Bessot (2003) en se centrant sur la programmation, « *la prise en compte des notions de boucle et de variable informatique dans l'enseignement des mathématiques au lycée* ».

[1]Département de mathématiques et d'informatique, Ecole Normale Supérieure pour l'Enseignement Technique (ENSET), Université d'Antsiranana BP.0, ralahadybru@yahoo,fr
[2]andre.totohasina@gmail.com
[3]Laboratoire d'informatique et de mathématiques (LIM), Université de la Réunion, jean.simon@univ-reunion.fr

Birebent et Lê Van (2001) ont étudié à travers différents programmes la vie d'algorithmes de calcul approché intégrée dans la machine à calculer programmable EMS. Certains auteurs ont étudié les difficultés liées aux méthodologies d'enseignement utilisées, telles que les faibles niveaux d'interaction avec les étudiants en classe et à un manque d'intérêt (Barker *et al*. 2009 ; Coull et Duncan, 2011). Un certain nombre de travaux ont été menés pour étudier le potentiel d'un certain nombre d'environnements de programmation suggérés pour les débutants, tels que Scratch (W. Chang *et al*., 2010 ; Malan *et al*. 2007), StarLogo (Klopfer *et al*. 2004) , kodu (Stolee *et al*. 2011) et Alice (Kelleher *et al*. 2007). Dans ce document, nous étudions principalement la place des connaissances de base en TICE dans l'enseignement et apprentissage d'algorithmiques et de la programmation, en utilisant l'environnement de programmation, nous y cherchons aussi les relations significatives causales entre différentes notions.

2 Matériels et méthodes

2.1 Construction des Données

L'expérience a été menée dans une classe de 4ième d'un établissement privée constitué de 45 élèves. Cette classe a été choisie selon sa composition suivante : on y trouve 24 élèves qui ont commencé le cours de l'informatique depuis la classe de 6ième et 21 élèves qui l'ont fait depuis la classe de 5ième et 20 autres sont novices. Selon la conception constructiviste de l'apprentissage, nous avons privilégie la confrontation des apprenants à des situations-problèmes en organisant la classe en 11 petits groupes soient 10 groupes de 4 élèves et un groupe de 5 élèves.

	Groupes	**Classe**	**Notions enseignées**
Initiation en informatique	5, 6, 8, 9	6e	Historique, Logiciel, Ordinateur, Souris, Clavier, Environnement Windows et MS Paint
Traitement de texte et tableur	4 à 11	5e	Structure du Texte, Mise en forme, MS Word t MS Excel
PAO, PréAO et Algo	1 à 11	4e	MS publisher, MS Power point programmation avec Scratch

Tableau 1 – La répartition de la classe en petits groupes

Nous donnons dans le Tableau 2 qui suit, le tableau synoptique de codage des différentes modalités (items) étudiées.

Codages	Modalités
FoncEd	Maitrise bien les fonctionnalités dans le menu édition
MenCnt	Aucune difficulté au menu contextuel
ClicGls	Aucune difficulté en Clic Glissé
Sauv	Aucune difficulté à la sauvegarde de document
RacClav	Bonne usage des raccourcis clavier
SaisTex	Bonne saisie des textes
Exec	L'élève qui sait exécuter un code écrit en Scratch
FenScr	L'élève qui est en bonne interaction dans la fenêtre Scratch
FenWin	L'élève qui est en bonne interaction avec la fenêtre Windows
MetScr	L'élève qui coder en Scratch
BonPao	L'élève qui est bon en PAO
MoyPao	L'élève qui est moins bon PAO
FaiPao	L'élève qui a des difficultés en PAO
BonInf	L'élève qui est bon en Informatique
MoyInf	L'élève qui est moins bon Informatique
FaibInf	L'élève qui est des difficultés en Informatique
BonBur	L'élève qui est bon en Bureautique
MoyBur	L'élève qui est moins bon Bureautique
FaiBru	L'élève qui a des difficultés en Bureautique
BonMath	L'élève qui a eu la moyenne en Mathématiques
MoyMath	L'élève qui a eu la note entre 7 et 10 en Mathématiques
FaiMath	L'élève qui a eu la note inferieure à 7 en Mathématiques

Tableau 2 – Le codage des différentes modalités

2.2 Courbe d'évaluation /apprentissage

Nous avons fait travailler les élèves à l'aide des travaux-pratiques d'une heure, composés de cinq séries d'activités dont le barème est 4 points de chaque. Après une heure de travail, dans une situation a-didactique, encadré par nous-mêmes et nous avons enregistré le temps de traitement pour chaque question et pour chaque groupe. Les temps d'accomplissement et les notes obtenues sont donnés dans le tableau 3 ci-dessous.

	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	Gr5	Gr6	Gr7	Gr8	Gr9	Gr10	Gr11
Q1	40	38,5	36,5	31,5	25	21,5	21,5	20	18,5	10	10
Q2	x	x	51,5	45	35	28,5	35	27	26	20	20
Q3	x	x	x	x	42,5	32	50	33	30	37,5	39
Q4	x	x	x	x	60	36,5	x	39	34,5	42,5	50
Q5	x	x	x	x	x	50	x	60	45	x	x

Tableau 3 Les notes obtenues pour chaque groupe et pour chaque question

Tout d'abord, utilisons une évaluation classique certificative et notée : ce résultat nous fournit la statistique des mentions obtenues pour chaque groupe (tableau 2), qui s'interprète de la manière suivante : 9 groupes ont eu la moyenne dont une avec mention Passable, trois mentions Bien et six mentions Très Bien.

Cette évaluation est unidimensionnelle, basée uniquement sur le score total obtenu pour chaque groupe. Signalons qu'évaluer ce n'est pas seulement donner une note.
« L'évaluation est «la prise d'information qu'effectue un acteur quelconque d'une situation de travail sur les performances identifiables ou les comportements mis en œuvre par les personnes qui relèvent de cette situation en les rapportant à des normes ou à des objectifs ? » (Reuter et al 2013).

Et pourtant, la docimologie en a montré les limites : pour une même activité, il peut y avoir un grand écart de note entre deux correcteurs. Les questions suivantes se posent :

Comment on va choisir le groupe le plus performant parmi ces 6 meilleurs groupes ? Comment qualifier leur progression durant le travail ? Comment identifier leur difficulté ?

Questions	Groupes	Scores obtenus	Mentions	Effectifs
Q5	Gr6 Gr8 Gr9 Gr12 Gr13 G14	20	Très Bien	6
Q4	Gr5 Gr10 Gr11	16	Bien	3
Q3	Gr7	12	Passable	1
Q2	Gr3 Gr4	8	Insuffisant	2
Q1	Gr1 Gr2	4	Faible	2

Tableau 4 La statistique des mentions obtenues pour chaque groupe

Dans l'objectif d'apporter des réponses pédagogiques adaptées aux besoins particuliers des élèves, de viser les compétences attendues et de suivre leurs acquisitions et leurs progrès, en caressant les techniques sur le cahier de progrès, port folio européen des langues… de l'évaluation formative, nous avons choisi de représenter les variations de scores obtenus en fonction de temps dans un repère orthogonal ; les courbes ainsi obtenues sont des familles de courbe en "S" appelés courbes d'évaluations ou courbes d'apprentissage.

D'après leur forme on les nomme aussi courbes en S, mais selon leurs expressions fonctionnelles on peut les nommer des courbes sigmoïdes. Le terme « *courbe en S* » indique ainsi la tendance de la courbe cumulative à former un S peu profond ; plus plat au début, plus raide au milieu et s'aplatissant de nouveau vers la fin.

Le terme courbe d'apprentissage est utilisé de deux manières : lorsque la même tâche est répétée dans une série d'essais ou lorsqu'un ensemble de connaissances est acquis au fil du temps. Hermann Ebbinghaus a été le premier à décrire la courbe d'apprentissage en 1885, dans le domaine de la psychologie de l'apprentissage, bien que le nom n'ait été utilisé qu'en 1903. (Ebbinghaus H dans F. Alcan. 1910)

En 1936, Theodore Paul Wright a décrit l'effet de l'apprentissage sur les coûts de production dans l'industrie aéronautique (Wright, T.P. 1936). Cette forme, dans laquelle le coût unitaire est représentée par rapport à la production totale, est parfois appelée courbe d'expérience.

> « Si l'on considère une courbe d'apprentissage dans lequel une certaine mesure de compétence est sur l'axe des y et le nombre de tentatives d'apprentissage au fil du temps est sur l'axe des x, alors que représente, une pente raide ? Une ascension rapide à un niveau plus élevé de l'apprentissage.» (B. Zimmer, 2012)

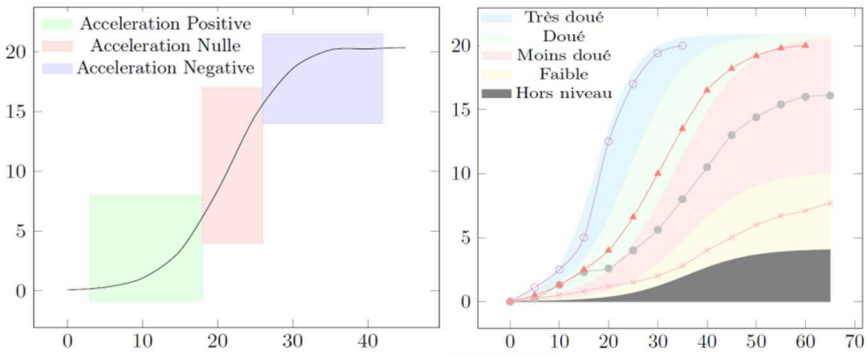


Figure 1 – Les propriétés relatives de la courbe en S

On constate effectivement l'existence de trois phases ou catégories de courbe :
La phase de latence, dont les termes fréquents sont : « *continue, douce, facile, progressive, rapide*, etc. » qui sont attribués à la courbe d'apprentissage qualifie la nature de l'apprentissage, correspond à une courbe d'apprentissage dont la pente est forte, sa croissance progresse rapidement.
La phase de ralentissement dont les termes courants sont : « *abrupte, ardue, big, difficile, élevée, énorme, grande, haute, lente, longue, non négligeable, raide, rude, sévère, semée d'embûches, un mur de briques, une faiblesse importante*, etc... » sont attribués à la courbe d'apprentissage qualifie la nature de l'apprentissage, elle décrit un apprentissage confronté à des difficultés et correspond à une courbe d'apprentissage dont la pente est faible, sa croissance progresse lentement voire très lentement.
La phase linéaire où l'accélération centrale de la courbe est nulle, dans la pratique, sert à mesurer leur aptitude dans la tâche considérée. Mais qu'un sujet soit ou non doué, la courbe manifeste toujours un certain progrès.

Enfin, on observe assez souvent des paliers dans la courbe d'apprentissage (cf figure. 2). Ces "*plateaux"* signifient presque toujours que le sujet passe brusquement à une nouvelle et meilleure technique après une période de maturation. La courbe de la figure 2 indique clairement qu'il ne faut pas trop vite considérer qu'on a atteint un niveau "optimum" et qu'il faut persévérer encore.

Lors de l'apprentissage, la courbe sert à déterminer le rythme qui convient le mieux à un sujet donné. Il serait donc vain pour l'autodidacte de se fixer arbitrairement à l'avance un rythme donné de travail à respecter à tout prix. Chacun cherchera au contraire, au début par tâtonnements, quel est son rythme personnel correct, c'est-à-dire celui qui le fait régulièrement progresser, Dans de nombreux cas, à la place de la courbe théorique en S de figure 1, on observe une courbe qui n'en est que la seconde partie (cf figure 1). Elle signifie le plus souvent que l'apprentissage ne s'est pas fait à partir de zéro, et que certains exercices antérieurs en ont facilité l'exécution.

Lors de l'évaluation, la courbe sert à déterminer les succès des apprenants, mesurer à la fois les savoirs et qualifier leur compétence. Elle sert aussi à analyser et à repérer les difficultés des élèves, durant ces activités.

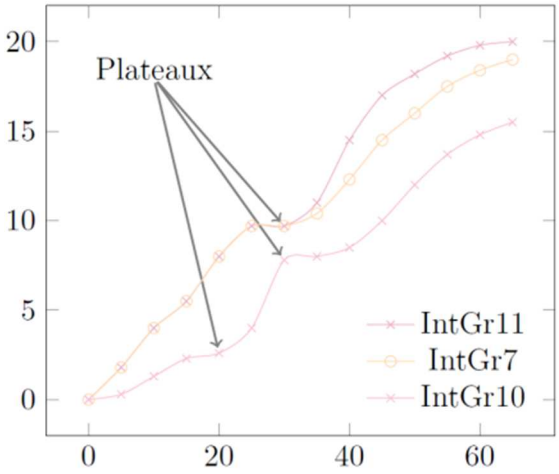


Figure 2 – Courbe avec plateau

Une courbe d'apprentissage est une représentation graphique de la manière dont une augmentation de l'apprentissage (mesurée sur l'axe vertical) provient d'une plus grande expérience (axe horizontal).

2.3 L'équation d'apprentissage

Nous trouvons le courbe plus souvent dans le domaine psychologique travaillant sur la courbe d'apprentissage. L'équation d'apprentissage exponentielle a été dérivée analytiquement par plusieurs chercheurs (Estes, 1950; Hull, 1943) et est l'une des équations standard pour décrire l'amélioration dans l'exécution de tâches avec la pratique (Heathcote *et al*, 2000 ; Ritter *et al*, 2001)

$$P_n = P_\infty - (P_\infty - P_0)e^{-\propto S_n}$$

où n représente le numéro de l'essai, P_n la mesure de performance à n-ième essai et P_0, P_∞ sont respectivement les performances initiale et asymptotique, $\propto$ est un coefficient constant. La concavité de P_n implique une amélioration décroissante de façon monotone : $\Delta_n = P_n - P_{n-1} < \Delta_{n-1}$.

Cependant, un comportement sigmoïde indique un apprentissage dans lequel l'amélioration croît lentement d'abord, s'amplifie brusquement avant de se stabiliser à la fin (Culler *et al* 1951; Gallistel *et al*, 2004)

A n-ième essai, on a : $P_{n+1} = P_\infty - (P_\infty - P_0): e^{-\propto S_{n+1}}$ et $\forall n \geq 0,\ S_{n+1} = S_n + P_n$

Où S_n = somme cumulée de toutes les performances précédentes jusqu'au n-ième essai.

Ainsi $P_{n+1}=P_\infty - (P_\infty - P_0): e^{-\propto S_n} e^{-\propto P_n}$; donc $p(t) = P_\infty - (P_\infty - P_0)e^{-\propto S(t)}$

p (t) est continu différentiable et $S(t) = \int_0^t p(x)dx$ et $p' = \propto p(p_\infty - p_0)$

et $p(0) = p_0$

$$p(t) = \frac{p_0 \times p_\infty}{p(p_0 - p_\infty)e^{-\propto p_\infty t}}$$

$$= \begin{cases} 0 & p_0 = 0 \\ \dfrac{p_0 \times p_\infty}{1 + e^{-\propto p_\infty t + C}} & p_0 \neq 0 \end{cases}$$

Ainsi, l'équation générale est définie ci dessous

Definition 1. (*Equation d'apprentissage*) Equation d'évaluation est définie par ;

$$C(t) = \frac{P_\infty}{1 + Exp(\alpha\, t - p_0)}$$

Où t représente le temps de traitement, $C(t)$ la mesure de performance au temps t et p_0, P_∞ sont respectivement les performances initiale et attendue, et α est un coefficient de taux constant.

Proposition 1

Un sujet est qualifié *très doué* si $0{,}25 < \alpha \leq 0{,}35$ et $P_\infty \geq P_{max}$

Un sujet est qualifié *doué* si $0{,}18 < \alpha \leq 0{,}25$ et $P_\infty = P_{max}$

Un sujet est qualifié *moins doué* si $\alpha \leq 0{,}18$ et $P_\infty < P_{max}$

Un sujet est qualifié *faible* si $\alpha \leq 0{,}15$ et $P_\infty \leq \frac{P_{max}}{2}$

L'évaluation ou la formation est hors porté si pour tout sujet $\alpha \leq 0{,}15$ et $P_\infty \leq \frac{P_{max}}{4}$,

Où P_{max} est la performance attendue de l'évaluation.

Dans la figure 1 à droite, nous avons proposé un abaque de progression des sujets selon les coefficients α et P_∞.

NB : Les courbes d'apprentissage obtenues à partir des données représentent les progressions observées et leurs expressions fonctionnelles obtenues par interpolations

sont des progressions formelles permettant de prédire le temps suffisant pour qu'un sujet accomplissent une tâche.

2.4 Analyse statistique implicative

La deuxième méthodologie utilisée dans ce document est basée sur l'analyse statistique implicative (ASI) Ralahady. et Totohasina, (2019). Nous avons fait une analyse individuelle pour chacun des élèves par rapport aux notions susceptibles d'être acquises lors de l'apprentissage. Chaque fiche d'analyse représente une transaction de données et les notions étudiées sont les modalités. Les items étudiés et leurs codages sont présentés dans le tableau 2. Alors, nous avons noté par n le nombre de transactions et par p le nombre de modalités. Dans la mesure où l'on s'intéresse à la présence-absence de chaque modalité dans les différentes transactions, on associe à chaque modalité une notion correspondante, appelée *item*, qui est une variable booléenne. Sur l'ensemble des transactions, on obtient une matrice booléenne de dimensions n et p. A partir de la matrice booléenne qui indique les modalités présentes dans chaque transaction, nous envisageons d'extraire les relations significatives qui se traduisent comme des règles d'association du type « si un élève a compris A, alors il est très probable qu'il comprenne aussi B ». Cette règle est ainsi notée de façon A → B, et se lit : « la modalité $\{A\}$ implique la modalité $\{B\}$ », où A c'est l'antécédent et B est le conséquent de ladite règle d'association.

2.4.1 Contexte binaire et notion de règle d'association

Un contexte d'extraction de règles d'association est un triplet $\mathcal{B} = (\mathcal{O}, I, \mathcal{R})$ dans lequel $\mathcal{O}$ est appelé ensemble d'objets (ou transactions), I ensemble d'attributs (ou items), et $\mathcal{R} \subseteq \mathcal{O} \times I$ est une relation binaire de $\mathcal{O}$ vers I. Une règle d'association est un couple $(X, Y) \in 2^I \times 2^I$de motifs, noté : $X \to Y$, où X et Y sont de motifs disjoints ($X, Y \subseteq I$ et $X \cap Y = \emptyset$), appelés respectivement prémisse et conséquent de la règle. Notons pour tout $X \subseteq I$, $X' = \{e \in \mathcal{O}/, e\mathcal{R}x, \forall x \in X\}$, est appelé l'extension de X.

On considère, pour la suite, $n = |\mathcal{O}|$ et la probabilité uniforme P définie sur l'espace probabilisable discret $(\mathcal{O}, \mathcal{P}(\mathcal{O}))$, par : $\forall X \in \mathcal{P}(I), P(X) = \frac{cardX'}{n}$.

Definition 2. (Support) Le support d'une règle d'association $X \to Y$ est la proportion de transactions dans la base qui contiennent $X \wedge Y$, Agrawal et Swami. (1993) ;

$$supp(X \to Y) = P(X' \cap Y') \quad (1)$$

Une règle $r: X \to Y$ est valide selon support si $supp(X \to Y) \geq minsup$, ou $minsup$ est fixée au préalable par l'expert dans]0,1[.

Definition 3. (Confiance) La confiance d'une règle d'association $X \to Y$ est le rapport entre le nombre de transactions qui contiennent $X \wedge Y$ et nombre de transactions qui contiennent X (Agrawal *et al*, 1993), c'est-à-dire la probabilité conditionnelle sachant X'de l'événement Y'

$$conf(X \to Y) = P(Y'|X') = \frac{P(X' \cap Y')}{P(X')} \quad (2)$$

Une règle $r: X \to Y$ est valide selon confiance si $conf(X \to Y) \geq minconf$, ou $minconf \in]0,1[$ est fixé arbitrairement par l'utilisateur.

Règle de décision :

Une règle $r: X \to Y$ est valide selon support-confiance si $min(supp(X'), supp(Y')) \geq minsupp$ et $conf(X \to Y) \geq minconf$

Proposition 2. (règle valide) Une règle entre deux motifs est valide selon une mesure m seulement en fonction de leurs contributions, c-à-d.
une règle $r: X \to Y$ est valide si $m(X \to Y) > m(X, Y, \alpha)$, où α[4] et $m(X, Y, \alpha)$ est la valeur critique de m au seiul α, pour deux motifs X et Y (*Ralahady et al*, 2019a) .

Or en théorie de probabilités, on les propriété suivantes : Pour deux évenements A et B, on a :

si $P_A(B) > P(B)$, alors $0 < \frac{P_A(B)-P(B)}{1-P(B)} \leq 1$

si $P_A(B) < P(B)$, alors $-1 < \frac{P_A(B)-P(B)}{P(B)} \leq 0$

d'où la definition ci-après

Definition 4. (M_{GK}) Soit X et Y deux motifs du contexte de fouille de données. On définit la mesure M_{GK} par: (Guillaume, S. 2000 ; Totohasina, 2008)

$$M_{GK}(X \to Y) = \begin{cases} \frac{P(Y\prime|X\prime)-P(Y\prime)}{1-P(Y\prime)}, & si \;\; P(Y'|X') \geq P(Y') \\ \frac{P(Y\prime|X\prime)-P(Y\prime)}{P(Y\prime)}, & si \;\; P(Y'|X') < P(Y') \end{cases} \quad (7)$$

Notons: $M_{GK}^{f}(X \to Y) = \frac{P(Y\prime|X\prime)-P(Y\prime)}{1-P(Y\prime)}, si\ P(Y'|X') \geq P(Y')$ la composante favorisante de M_{GK} qui est le responsable d'extraction des règles potentiellement intéressentes

Definition 5. Etant donnée une base de données B de n transactions, dans laquelle n_x et n_y sont des scardinaux respectifs des extentions X' et Y'. La valeur critique M_{GKr} pour la mesure M_{GK}, proposée dans (Totohasina, 2008), est obtenue de la manière suivante. Considérons un tableau de contingence par le croisement de ces deux motifs X et Y, s'appuyant sur la statistique de Khi-carré (χ^2) de Pearson à un degré de liberté, tel que :

$$\mathrm{M_{GKcr}}(X \to Y, \alpha) = \sqrt{\frac{1}{n}\frac{n-n_X}{n_X}\frac{n_Y}{n-n_Y}\chi^2_{cr}},\ si\ X\ favorise\ Y \quad (8)$$

Par la définition ci-dessus, une règle $r: X \to Y$ est valide selon M_{GK} si

$$\mathrm{M_{GK}}^{f}(X \to Y) \geq \mathrm{M_{GKcr}}(X \to Y, \alpha)$$

NB : X favorise Y, alors $M_{GK}(X \to Y) \in [0, 1]$

Definition 6.

Une règle $X \to Y$ est potentiellement intéressante, si le support de sa premisse est inferieur à celui de sa conséquent.

Si la règle $\mathrm{X} \to \mathrm{Y}$ est potentiellement intéressante, alors sa cotraposé $\overline{Y} \to \overline{X}$ le sera également ;

Si la règle $\mathrm{X} \to \mathrm{Y}$ est potentiellement intéressante, alors la règle $\mathrm{Y} \to \mathrm{X}$ ne sera pas nécessairement intéressante.

Si la règle $\overline{X} \to Y$ est potentiellement intéressante, alors la règle $X \to \overline{Y}$ ne sera plus intéressante, où $\overline{X}$ est la négation logique du motif Y.

Proposition 3. Soient X et Y deux motifs tels que $\mathrm{P(Y'|X')} \geq \mathrm{P(Y')}$ et $\mathrm{P(X')} \leq \mathrm{P(Y')}$, , alors $M_{GK}(Y \to X) \leq M_{GK}(X \to Y)$. .
Preuve. En effet $P(Y'|X') \geq P(Y')$, nous avons

$$M_{GK}(Y \to X) = \frac{P(X'|Y') - P(X')}{1 - P(X')}$$

[4]Un seuil statistique d'élagage calculé directement à partir des données.

$$= \frac{\mathrm{P}(\mathrm{X}' \cap \mathrm{Y}') - \mathrm{P}(\mathrm{X}')\mathrm{P}(\mathrm{Y}')}{\mathrm{P}(\mathrm{Y}')\big(1 - \mathrm{P}(\mathrm{X}')\big)}$$

$$= \frac{\mathrm{P}(\mathrm{X}')}{\mathrm{P}(\mathrm{Y}')}\frac{\big(1 - \mathrm{P}(\mathrm{Y}')\big)}{\big(1 - \mathrm{P}(\mathrm{X}')\big)}\frac{\mathrm{P}(\mathrm{X}' \cap \mathrm{Y}') - \mathrm{P}(\mathrm{X}')\mathrm{P}(\mathrm{Y}')}{\mathrm{P}(\mathrm{X}')\big(1 - \mathrm{P}(\mathrm{Y}')\big)}$$

$$= \frac{\mathrm{P}(\mathrm{X}')}{\mathrm{P}(\mathrm{Y}')}\frac{\big(1-\mathrm{P}(\mathrm{Y}')\big)}{\big(1-\mathrm{P}(\mathrm{X}')\big)} M_{GK}(X \to Y)$$

Or $M_{GK}(Y \to X) = \frac{P(\overline{Y'})}{P(\overline{Y'})}\frac{P(X')}{P(\overline{X'})} M_{GK}(X \to Y)$

d'après l'hypothèse, $P(X') \leq P(Y')$, équivalent à $P(\overline{X'}) \geq P(\overline{Y'})$,
d'où $P(X')P(\overline{Y'}) \leq P(\overline{X'})P(Y')$, implique $M_{GK}(Y \to X) \leq M_{GK}(X \to Y)$.

Proposition 4 $\mathrm{M_{GK}}^{f}$ est une mrsure implicative, c'est-à-dire on a :

$$\mathrm{M_{GK}}^{f}\left(\overline{Y} \to \overline{X}\right) = \mathrm{M_{GK}}^{f}(X \to Y)$$

La demonstration est évident pour $P(Y'|X') \geq P(Y')$

Moralité : A l'instar de CHIC, compte tenue des propriétés mathématique de $\mathrm{M_{GK}}$ (cf Prop.2, Prop.3 , Prop.4 et Def. 5), il s'avère interessant d'utiliser $\mathrm{M_{GK}}$ pour extraire des règles d'association interpretable en terme d'implication statistique.

2.4.2 ASI-MGK

ASI-MGK est un outil d'Analyse Statistique Implicative écrit en Java, dévéloppé en vue d'une recherche en fouille de donnée intigrant 42 mesures d'interet des reglès d'associations, comportant les trois etapes de bases de l'ECD (Ralahady *et al*, 2019b):

Dans le pré-traitement ou la préparation des données, ASI-MGK a la possibilité de lire deux types de formats de données CSV et ARAF et à l'aide de ces deux algorithmes, il offre la conversion bidirectionnelle de *transaction* en *sequence*;

Dans la phase traitement , au cœur du programme, ASI-MGK implement les algorithmes récents de génération des motifs et les algorithmes d'extractions des règles d'association (RA) valides basés sur la mesure M_{GK} (Guillaume, 2000, Totohasina, 2008);

Et au post traitement, il s'agit de la lecture et l'interpretaion du résultat c'est-à-dire RA. Cet outil dispose trois format de sortie, fichier texte, tableau dynamique et graphique interactif (Blanchard, 2005 ; Hascoët *et al*., 2001).

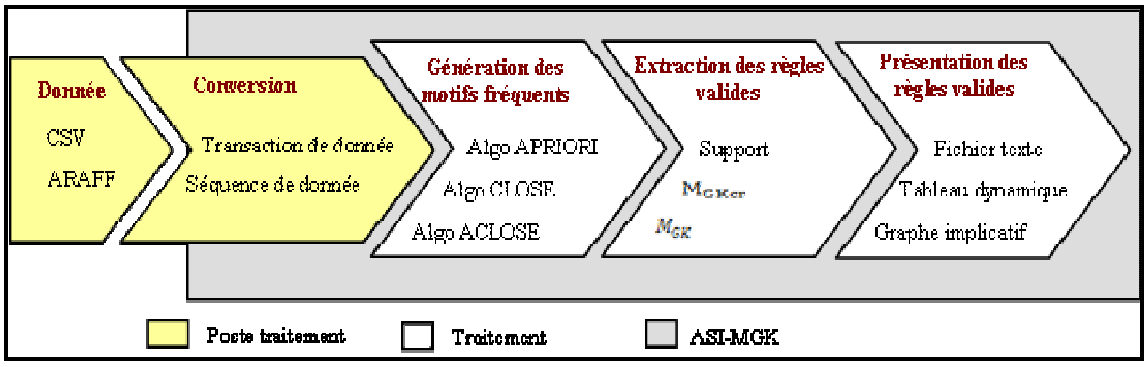


Figure 3 – Diagramme de l'ASI-MGK

3 Résultat et discussion

3.1 Analyse selon les courbes d'évaluations

Selon la théorie évoquée dans la section 2.2, les caractéristiques des Courbes d'apprentissage peuvent être présentées selon les deux graphiques théoriques, illustrées dans la figure 1, correspondant aux différentes classes de performances des apprenants ; ce qui nous a permis de catégoriser notre famille de courbes en trois catégories.

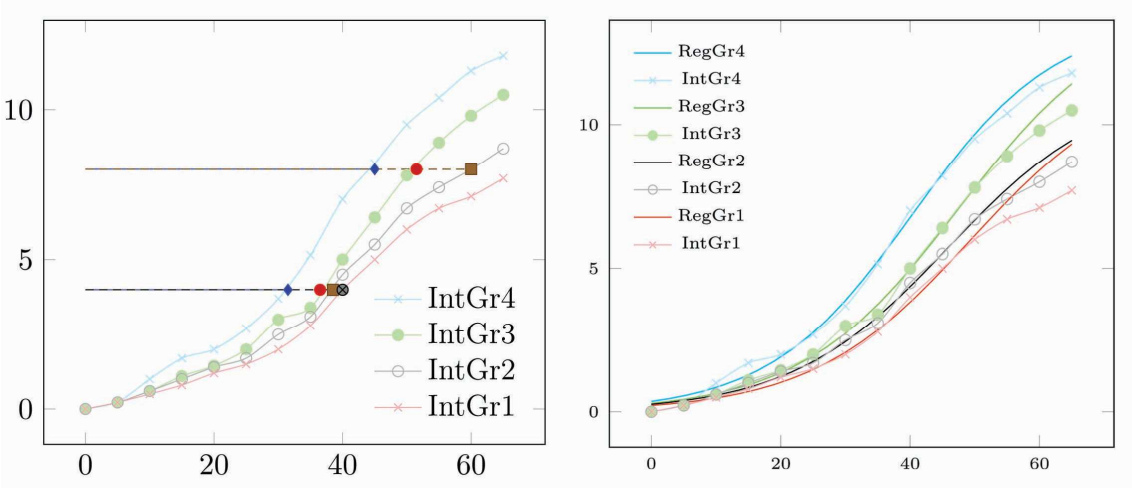


Figure 4 Les groupes moins doués et faibles

Selon nos données, les courbes *abruptes* provenant des groupes Gr1, Gr2 appartiennent à la région de la catégorie *faible* et celui du groupe Gr3 est dans la catégorie *moins doué*. Ce sont les groupes qui n'ont pas pratiqué l'initiation en informatique en 6ième et traitement de texte et tableur en 5ième qui sont les novices en informatique. Ces groupes échouent à cause du manquent de pré-requis nécessaire.

Ces groupes n'y parviennent pas, il y a des limites, des insuffisances de leurs modes de traitement actuel des problèmes auxquels ils sont confrontés.

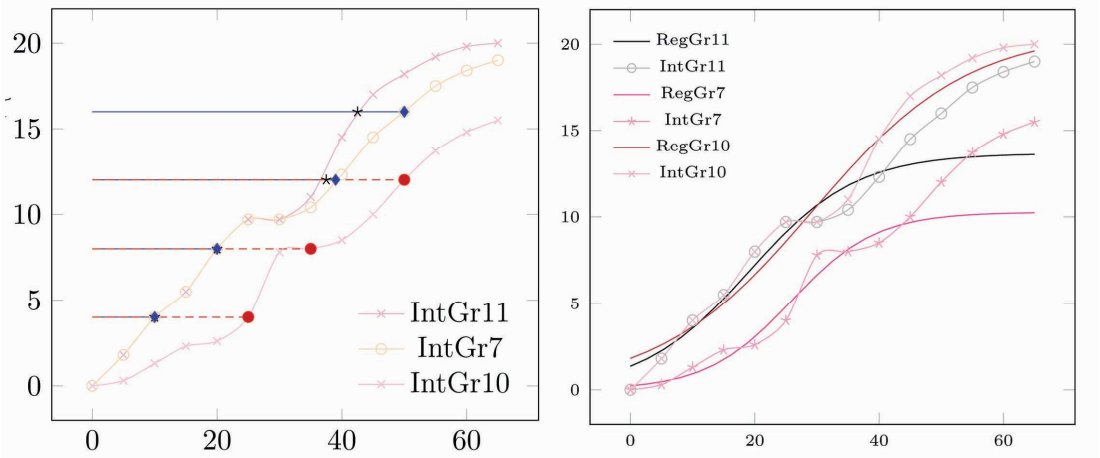


Figure 5 Les groupes moins doués dont leurs courbes ont un plateau.

La famille de courbes correspondant aux groupes Gr7, Gr10 et Gr11 est formées des courbes *abruptes* qui appartiennent à la région *moins doué* et qui possèdent un plateau. Ce sont les groupes des élèves qui ont commencé leur formation en informatique en

5ième. Quelques appuis donnés par l'enseignant pendant leur travail leur engendrent l'amélioration de performance.

La limite surmontée entraîne des réajustements, des restructurations de connaissances, une meilleure capacité à réinvestir ce que le groupe sait pour résoudre ces problèmes.

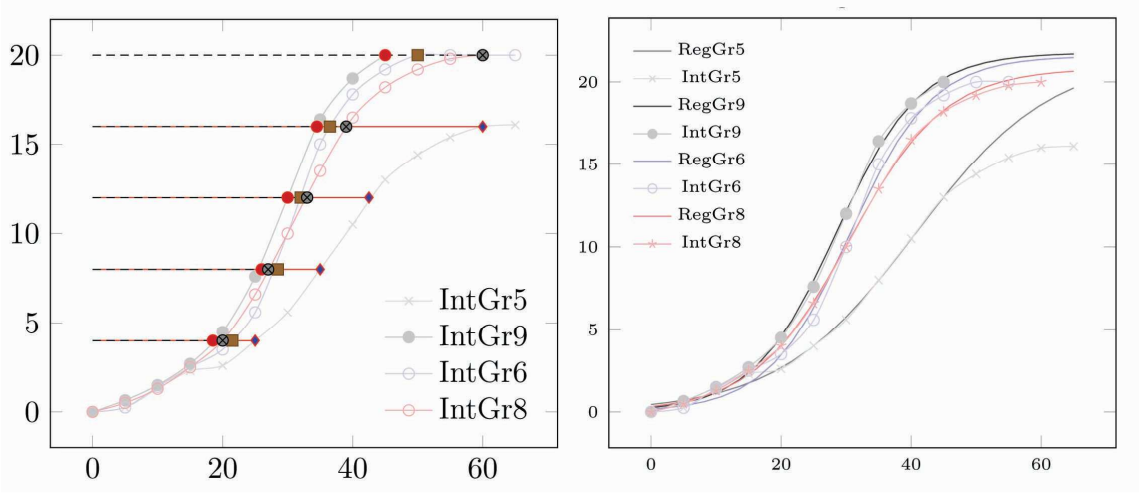


Figure 6 – Les groupes doués et assez doués.

La famille de courbes correspondant aux groupes Gr5, Gr6, Gr8 et Gr9 appartient à la région *doué* ; ce sont les groupes qui ont fini leurs travaux pratiques bien avant le temps prévu. Ce sont presque des groupes qui ont bénéficié de l'enseignement de l'informatique depuis la classe de 6ième et qui n'ont aucune difficulté sur l'interaction avec l'ordinateur.

Ces groupes ont pu résoudre le problème en mobilisant les savoirs et des savoir-faire qu'ils maîtrisent déjà. On a remarqué que les groupes Gr1, Gr2, Gr3 et Gr3 n'ont pas pu achever leur tâche, pour savoir si la construction de la compétence est bien engagée à ces groupes, on doit leur attribuer un temps supplémentaire suffisant d'acquisition de la compétence.

Groupes	**Paramètres**	**Erreurs standards**	**Equations des modèles**
Gr1	pr1-3,915 pr2 0,095 pr3 8,451	0,005 0,140 0,346	$\frac{8{,}451}{1+Exp(-0{,}095\times\ t+3{,}915)}$
Gr2	pr1 -3,746 pr2 0,089 pr3 9,687	0,132 0,005 0,456	$\frac{9{,}687}{1+Exp(-0{,}089\times\ t+3{,}746)}$
Gr3	pr1 -3,842 pr2 0,086 pr3 12,469	0,125 0,005 0,695	$\frac{12{,}469}{1+Exp(-0{,}086\times\ t+3{,}842)}$
Gr4	pr1 -3,604 pr2 0,093 pr3 12,855	0,135 0,005 0,497	$\frac{12{,}855}{1+Exp(-0{,}093\times\ t+3{,}604)}$
Gr5	pr1 -3,914 pr2 0,109 pr3 17,410	0,162 0,006 0,480	$\frac{17{,}410}{1+Exp(-0{,}109\times\ t+3{,}914)}$

Tableau 4a Les équations d'apprentissage et les erreurs standards

Groupes	Paramètres	Erreurs standards	Equations des modèles
Gr6	pr1 -4,815 pr2 0,158 pr3 21,408	0,252 0,009 0,348	$\frac{21{,}408}{1+Exp(-0{,}158\times\ t+4{,}815)}$
Gr7	pr1 -3,151 pr2 0,085 pr3 16,349	0,307 0,013 1,712	$\frac{16{,}349}{1+Exp(-0{,}085\times\ t+3{,}151)}$
Gr8	pr1 -4,207 pr2 0,140 pr3 20,412	0,075 0,003 0,130	$\frac{20{,}412}{1+Exp(-0{,}140\times\ t+4{,}207)}$
Gr9	pr1 -4,443 pr2 0,156 pr3 21,770	0,121 0,005 0,176	$\frac{21{,}770}{1+Exp(-0{,}156\ \times\ t+4{,}443)}$
Gr10	pr1 -2,387 pr2 0,076 pr3 22,198	0,208 0,011 1,872	$\frac{22{,}198}{1+Exp(-0{,}076\times\ t+2{,}387)}$
Gr11	pr1 -2,156 pr2 0,069 pr3 20,377	0,212 0,012 2,268	$\frac{20{,}377}{1+Exp(-0{,}069\times\ t+2{,}156)}$

Tableau 4b Les équations d'apprentissage et les erreurs standards

Le tableau 4 représente les équations d'apprentissages obtenues après interpolation des courbes d'évaluations, en utilisant les modèles de fonctions logistiques dont les coefficients d'ajustement du modèle sont donnés dans le tableau 4. Ces équations servent à estimer le temps nécessaire qu'il faillait donner à un sujet jugé *faible* ou *moins doué* pour achever une tâche.

	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	Gr5	Gr6	Gr7	Gr8	Gr9	Gr10	Gr11
Observations	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
DDL	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
R2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	1	0,99	0,97	0,96
SCE	0,2	0,28	0,39	0,57	1,18	2,46	7,21	0,28	0,72	11,99	13,56
MCE	0,02	0,03	0,04	0,06	0,12	0,25	0,72	0,03	0,07	1,2	1,35
RMCE	0,14	0,17	0,19	0,24	0,34	0,49	0,85	0,17	0,27	1,09	1,16
Itérations	12	10	11	9	12	11	9	9	9	9	8

Tableau 5 Les Coefficients d'ajustement de chaque courbe

Nous avons pu aussi constater que la bonne connaissance en TICE accélèrerait favorablement l'appropriation du savoir dans l'enseignement et apprentissage de d'algorithmique à l'aide d'un langage de programmation visuel.

3.2 Analyse selon ASI

La figure 7, montre l'aperçu du résultat dans la fenêtre graphique de l'outil d'analyse statistique implicative basée sur la mesure M_{GK} portant le nom ASI-MGK. Les tâches portant sur le prétraitement (analyse, dépouillement et codage), sont particulièrement réalisées avec un outil tableur, et nous avons abouti à des données composées de 47 transactions (nombre total des élèves dans cette classe) avec 22 modalités (les items étudiés). Lors du traitement nous avons fixé la valeur du support minimal à 30% et risque

d'erreur 5%. Après l'exécution du programme nous avons obtenu un graphe implicatif connexe et orienté d'ordre 9 avec 11 arrêtes présenté dans la figure 7.

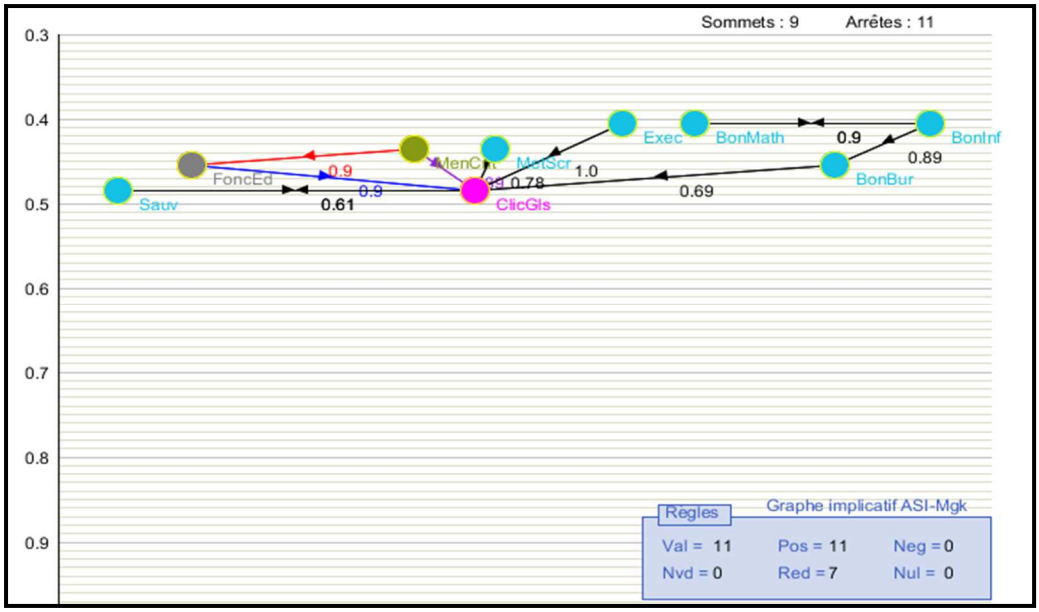


Figure 7 –: Graphe implicatif du résultat

Dans ladite figure, les valeurs inscrites sur l'axe vertical signifient le support correspondant à chaque item, les valeurs figurant le long de chaque flèche correspondent à l'intensité (valeur en M_{GK}) de la règle entre chaque couple de sommets. Ainsi, l'outil a généré 11 règles valides qui sont toutes des règles positives et a éliminé 7 règles redondantes. Comme l'ASI-MGK dispose d'une fenêtre interactive dynamique, la figure ainsi présente est obtenue après quelques interactions en vue de faciliter la lecture.

La position de chaque sommet nous montre le support correspondant des items:

$supp(\{BonMath\}) = supp\{BonInf\}) = supp\{Exe\}) = 0.41$;

$supp(\{MenCnt\}) = supp\{MetScr\}) = 0.43$;

$supp(\{BonBur\}) = supp\{FoncEd\}) = 0.45$;

et $supp(\{Sauv\}) = supp\{ClicGls\}) = 0.47$.

D'après la définition du support donné dans la définition 1, 41% des élèves de cette classe sont seulement bons en mathématiques et bons en informatique. En plus, 41% des élèves savent exécuter un programme, 43% sont en bonne maîtrise de l'environnement scratch et le menu contextuel, 45% sont en bonne interaction avec l'outil bureautique et bien habile sur l'usage du menu ÉDITION tandis que 47% maitrise bien la manipulation de la souris et le sauvegarde du document dans le répertoire du travail. Les arcs reliant chaque couple de sommets représentent une relation implicative non symétrique entre les items, le poids associé à chaque arc (valeur en M_{GK}) c'est la force de cette relation, sa valeur est comprise entre 0 à 1. Dans ce graphe nous avons 11 règles significatives entre ces 9 items au niveau de confiance de 95%.

Règle $\{BonInf\}$ équivalente à $\{BonMath\}$ d'indice 0.9.

Cette règle se traduit comme suit : *les élèves qui sont bons en informatique sont presque sûrement bons aussi en mathématiques*, l'indice (0.9) élevé, qui est proche de 1,

confirme cette implication. Donc, l'enseignement et l'apprentissage de mathématiques et de l'informatique se favorisent mutuellement.

Ainsi, les liens entre l'informatique et les mathématiques se consolident et se resserrent. Il est devenu clair que les deux sciences sont vraiment sœurs et que leur enseignement en synergie rend chaque jour plus profondes et intenses les relations qui les unissent.

Règle {BonInfo} implique {BonBru} d'indice 0.89.

Sa signification est la suivante : *les élèves qui sont bons en informatique sont presque ceux qui sont en bonne maitrise des outils bureautiques*. Pour bien mener l'enseignement et apprentissage de la programmation informatique au collège, il faut avant tout, avoir les notions de base en bureautique comme pré requis.

Règle $\{Exec\}$ implique $\{ClicGlis\}$ d'indice 1;

Règle $\{MetScr\}$ implique $\{ClicGlis\}$ d'indice 0.69.

L'indice de la règle égale à 1 de la première règle indique une certitude, alors elle se traduit comme suit : *tous les élèves réussissant l'exécution du programme scratch maitrise parfaitement les clics glissés.* Et la deuxième règle : les élèves qui savent coder en scratch sont presque sans difficulté en clic glissé. Par ailleurs, exécuter une programmation sur l'environnement de programmation visuel Scratch doit précéder d'un apprentissage de la manipulation d'une souris et surtout le « *Clic glissé* ».

Règle $\{Sauv\}$équivalent $\{ClicGlis\}$ d'indice 0.61;

Règle $\{MenCnt\}$ implique $\{ClicGlis\}$ d'indice 0.9 ;

Règle $\{MenCnt\}$ implique $\{FoncEd\}$ d'indice 0.9 ;

Règle {FoncEd} implique {ClicGlis} d'indice 0.9.

La sauvegarde d'un document et le clic glissé semble un peu plus faciles pour les apprenants que les fonctionnalités présentes dans le menu ÉDITION et le menu contextuel. La difficulté d'usage de *clic droit* ou le *menu contextuel*, par les élèves novices en informatique, est souvent provoquée par le mélange de fonctionnement des boutons d'une souris.

4 Conclusion

Cette étude montre la nécessité de l'enseignement de d'algorithme et de la programmation informatique dans le collège, car l'informatique concrétise l'abstraction des théories mathématiques et tous les deux partagent le même cœur c'est l'algorithmique. Mais cet enseignement doit précéder avant tout l'apprentissage des notions de base de l'initiation en informatique et de l'interaction avec un ordinateur. Le tout constitue les quatre notions de bases de l'informatique qui méritent d'être enseignées dans l'urgence dans tout horizon du monde depuis la classe secondaire.

Nous avons aussi montré les multiples avantages d'usage de la courbe d'apprentissage/évaluation lors d'une évaluation, plus qu'elle sert à mesurer les niveaux des acquis des apprenants, elle nous offre la possibilité de repérer les progressions, les éventuelles difficultés présentées tout au long de l'activité et de plus, elle nous permet d'estimer le temps suffisant qu'il fallait rajouter pour que certains groupes des apprenants qui sont en difficulté accomplissent leur tâche. Dans notre prochain article nous présenterons les résultats : Analyse des différentes abstractions chromatiques, formelles, contextuelles et sémantiques de l'enseignement et apprentissage de programmation avec le langage visuel Scratch et AlgoBox ; Et puis la comparaison des différentes approches

et conduites de groupe avec une proposition d'une nouvelle sur l'enseignement et apprentissage de programmation. Par ailleurs, nous envisageons de faire une analyse comparative de CHIC et ASI-MGK pour identifier leur complémentarité.

Références

[1] Agrawal, R. Mannila H., Srikant, R. H. Toivonen, and A. I. Verkamo (1996), Fast discovery of association rules. In Advances in knowledge discovery and data mining, 307-328.

[2] Agrawal R. and Srikant. R. (1994), Fast algorithms for mining association rules. In Proc. of the 20th VLDB Conference, 487-499, San Diego,Chile,.

[3] Bertrand, Y. (1998), Théories contemporaines de l'éducation, Paris, Editions Nouvelles, Chronique Sociale..

[4] Ben Zimmer (2012), Downton Abbey anachronisms: beyond nitpickery, February 13. http://languagelog.ldc.upenn.edu/nll/?p=3767

[5] Blanchard, J. (2005), Un système de visualisation pour l'extraction, l'évaluation, et l'exploration interactives des règles d'association Thèse de doctorat, Université de Nantes

[6] Brooks, V., Hilperath, F., Brooks, M., Ross, H. G., Freund, H. J. (1995). Learning "what" and "how" in a human motor task. Learning Memory, 2, 225-242.

[7] Crossman, E. R. F. W. (1959). A theory of the acquisition of speed skill. Ergonomics, 2, 153-166.

[8] Ebbinghaus H. (1910): Précis de psychologie, traduction G. Raphel, Paris : F. Alcan,

[9] Estes, W. K. (1950). A statistical theory of learning. Psychological Review, 57, 94-107.

[10] Gallistel, C. R., Fairhurst, S., & Balsam, P. (2004). The learning curve: implications of a quantitative analysis. Proceedings of the National Academy of Sciences, 7, 13124-13131.

[11] Gulliksen, H. (1934). A rational equation of the learning curve based on Thorndike's Law of Effect. The Journal of General Psychology, 11, 395-434.

[12] Guillaume, S. (2000), Traitement des données volumineuses, measures et algorithmes d'extraction de règles d'association et règles ordinales Thèse de doctorat, Université de Nantes, 2000.

[13] Kelleher, Caitlin & F. Pausch, Randy & Kiesler, Sara. (2007). Storytelling Alice motivates middle school girls to learn computer programming. Conference on Human Factors in Computing Systems- Proceedings. 1455-1464. 10.1145/1240624.1240844.

[14] Hascoët M. & M. Beaudouin-Lafon (2001), Visualisation interactive d'information, Information - Interaction - Intelligence (I3)1 no.1, p. 77–108.

[15] Heathcote, A., Brown, S., & Mewhort, D. J. (2000). The power law repealed : the case for an exponential law of practice. Psychonomic Bulletin and Review, 7, 185-207.

[16] Hull, C. L. (1943). Habit Strength and number reinforcements. In Principles of behavior pages.111-119. New York : D. Appleton-Century-Company, Inc.

[17] L'enseignement de l'informatique en France -Il est urgent de ne plus attendre. Rapport de l'Académie des sciences - Mai 2013. http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/rads_0513.pdf
[18] Muller, E. (1928). Nature of the learning curve. Psychological Bulletin, 25, 143-144.
[19] S allistel, C. R., Fairhurst, S., and Balsam, P. (2004). The learning curve: implications of a quantitative analysis. Proceedings of the National Academy of Sciences, 7, 13124-13131 Hissar, M. and Hochstein, S. (1997). Task difficulty and the specificity of perceptual learning. Nature, 387, 401-406.
[20] Ralahady, B. B. and Totohasina, A. (2019), Experimental study of the valid rules according to the measure M_{GK} in IJCST vol.3 N°.1.
[21] Ralahady, B. B. and Totohasina, A. (2019), ASI-MGK: Implicative Statistical Analysis tool based on M_{GK} in IJCST vol.3 N°.1
[22] Rajoson, L., Chevallard, Y., (1988). L'analyse écologique des conditions et des contraintes dans l'étude des phénomènes de transposition didactique : Trois études de cas. S.l: s.n. Université d'Aix-Marseille II (1969-2011).
[23] Reuter, Y., Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre, I. & Lahanier-Reuter, D. (2013). Évaluation. Dans : , Y. Reuter, C. Cohen-Azria, B. Daunay, I. Delcambre & D. Lahanier-Reuter (Dir), Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques (pp. 101-105). Louvain-la-Neuve, Belgique : De Boeck Supérieur.
[24] Totohasina A. (2008), Contribution to the study of measures of quality of association rules: normalization and constraints in five cases and MGK, properties, composite base and extension rules for applying statistical and physical sciences, University of Antsiranana, Madagascar, HDR.
[25] Wright, T.P. (1936):, Factors Affecting the Cost of Airplanes, Journal of Aeronautical Sciences, 3(4) 122–128

COMPÉTENCES COMMUNICATIONNELLES INTERCULTURELLES DE RESPONSABLE EDUCATIF. ETUDE EXPLORATOIRE DANS LE CADRE DE L'UNIVERSITÉ DU NORD-EST À SHENYANG EN CHINE

Xin ZHANG [1]

INTERCULTURAL COMMUNICATION SKILLS OF EDUCATIONAL OFFICER. EXPLORATORY STUDY UNDER THE UNIVERSITY OF NORTHEAST IN SHENYANG, CHINA

RÉSUMÉ

Actuellement, les étudiants étrangers en Chine sont originaires de plus de 200 pays ayant des cultures et des valeurs différentes, des modes de pensée divergents et des croyances religieuses profondes et diverses. Ces étudiants sont parfois confrontés à des « chocs culturels ». Ici, le concept de culture est « ce tout complexe comprenant à la fois les sciences, les croyances, les arts, la morale, les lois, les coutumes et les autres facultés et habitudes acquises par l'homme dans l'état social » (Cuche, 2010, p.1) nous aide à analyser l'origine de ce problème. A nos yeux, la culture « sociale » est plutôt un point partagé entre les membres d'un groupe, qui influence leur interaction, leur communication, leur réflexion et leur attitude les uns envers les autres. Il semble donc important, pour les universités, de s'attacher à la culture sociale, quant au traitement des problèmes quotidiens, et la réflexion sur les besoins des étudiants devient nécessaire voire indispensable. Une enquête par questionnaire (Questionnaire 1) a été réalisée par le bureau international de l'université NEU en vue d'améliorer le service et son efficacité sur le plan travail. A partir des données construites, nous constatons que dans les domaines de l'attitude et des méthodes concernant les services proposés par les responsables éducatifs, les réponses et les commentaires des étudiants étrangers sont plutôt sévères. Nous pouvons interpréter cela comme l'expression d'une insuffisance de communication entre les étudiants étrangers et les responsables éducatifs à l'Université du Nord-Est à Shenyang en Chine que nous désignerons par l'acronyme NEU. Notre étude se centre sur les deux questions suivantes : Du point de vue du responsable dans un établissement universitaire, comment peut-on établir de bonnes relations, même amicales, avec les étudiants étrangers afin de leur permettre de bien réussir dans leurs études ? Que doit-on faire pour bien activer leur motivation lors de leur participation à des activités et pour bien fixer leurs attentions souvent vagabondes ? Pour cela, nous avons réalisé une enquête sur la base d'un questionnaire contenant 40 items auprès d'un échantillon de 51 étudiants étrangers à NEU. Dans notre communication, nous avons choisi une partie de ce questionnaire (Questionnaire 2, question 8) dont l'objectif est d'évaluer la compétence en communication interculturelle du responsable éducatif selon les indicateurs de communication que sont la volonté de communiquer, l'insistance, l'impartialité à traiter les événements, la stabilité et la planification de la communication, la stipulation de l'information, la diversité des moyens de communication, la fréquence de la communication, excepté la conscience culturelle. En utilisant le cadre théorique de l'analyse statistique implicative instrumenté par le logiciel CHIC 7 en version française, nous avons conduit une exploration des relations entre les variables modales qui modélisent les indicateurs ci-dessus. Ainsi nous essayons d'engager une discussion sur la mise à l'épreuve de notre hypothèse : la compétence en communication du responsable éducatif est soumise aux éléments suivants : la volonté de communiquer, l'insistance, l'impartialité à traiter les événements, la stabilité et

[1] Xin ZHANG, Doctorante, boursière Chine CSC, Université Lumière de Lyon, Laboratoire ICAR (Interprétation, Corpus, Apprentissage, Représentation), et Labex ASLAN xunyicaoxiang2010@gmail.com

la planification de la communication, la stipulation de l'information, la diversité des moyens de communication, la fréquence de la communication ainsi que sa conscience culturelle.

Mots-clés : *compétence, communication interculturelle, responsable éducatif*

ABSTRACT

Currently, foreign students in China come from more than 200 countries with different cultures and values, different ways of thinking, and deep and diverse religious beliefs. These students are sometimes confronted with "cultural shocks". Here, the concept of culture is "that complex whole comprising at the same time the sciences, the beliefs, the arts, the morals, the laws, the customs and the other faculties and habits acquired by the man in the social state" (Cuche, 2010, p.1) helps us analyze the origin of this problem. In our view, the "social" culture is rather a point shared by the members of a group, which influences their interaction, their communication, their reflection and their attitude towards one another. It therefore seems important for universities to focus on social culture, on the treatment of everyday problems, and the reflection on the needs of students becomes necessary and even indispensable. A questionnaire survey was conducted by the International Office of NEU University to improve the service and its effectiveness in the workplace. From the constructed data, we find that in the areas of attitude and methods concerning the services offered by the educational leaders, the answers and the comments of the foreign students are rather severe. We can interpret this as the expression of a lack of communication between foreign students and educational leaders at the North-East University in Shenyang, China, which we will refer to as NEU. Our study focuses on the following two questions: From the point of view of the leader in a university, how can we establish good relations, even friendly, with foreign students to enable them to succeed in their studies? What should be done to activate their motivation when participating in activities and to fix their attention often vagabond? For this, we conducted a survey based on a questionnaire containing 40 items from a sample of 51 foreign students at NEU. In our communication, we chose a part of this questionnaire (Questionnaire 2, question 8) whose objective is to evaluate the competence in intercultural communication of the educational leader according to the communication indicators that are the will to communicate, the insistence , impartiality in dealing with events, stability and planning of communication, stipulation of information, diversity of means of communication, frequency of communication, except cultural awareness. Using the theoretical framework of the implicative statistical analysis instrumented by the software CHIC 7 in French version, we have conducted an exploration of the relationships between the modal variables of above indicators. Thus we try to engage in a discussion about the testing of our hypothesis: the communicative competence of the educational leader is subject to the following elements: the will to communicate, the insistence, the impartiality to treat the events, the stability and planning of communication, stipulation of information, diversity of means of communication, frequency of communication as well as cultural awareness.

Keywords : *competence, interculturel communication, educational manager*

1 Introduction

Avec le développement économique et scientifique, la mondialisation a déjà atteint tous les endroits du monde. A mesure que l'économie se mondialise, la coopération politique et scientifique, éducative et culturelle, entre les pays, se développe de plus en plus. Cela entraîne des mouvements sans précédent de populations, et c'est essentiellement dans les établissements universitaires que se trouvent renforcer la communication et la coopération internationales. En 2018, le nombre total des étudiants étrangers en Chine s'élevait à 492.185, ce qui représentait 3013 étudiants de plus par rapport à 2017, soit un pourcentage d'augmentation de 0,62% par rapport à l'année précédente.

Au fil de nos lectures d'ouvrages qui parlaient de management interculturel, nous nous sommes laissée de plus en plus prendre par un concept, à savoir la communication interculturelle, qui doit jouer un rôle fondamental mais aussi central au cours de l'interaction entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers. En même temps, nous constations l'existence de quatre raisons essentielles nous permettant de nous concentrer sur la communication interculturelle : Tout d'abord, influencé par la mondialisation et la globalisation économique, le commerce des services éducatifs est devenu une activité de plus en plus importante. L'intérêt de ce marché éducatif international est non seulement d'attirer davantage de pays, de multinationales et d'acteurs spécialisés dans les domaines interculturels, mais aussi de viser à renforcer leurs influences afin de les préparer, dans le futur, à de dures concurrences. Ensuite, au fur et à mesure du développement des nouvelles technologies et des réseaux sociaux, la communication interculturelle entre le responsable éducatif dans l'université et les étudiants étrangers devient de plus en plus complexe. Cet essor, tout en favorisant les activités d'apprentissage interculturel, entraîne aussi des réactions inattendues de part et d'autre. En cela, notre recherche aura une bonne valeur pratique et théorique. Finalement, pour notre travail de recherche, nous comptons observer comment s'engage une interaction effective avec les étudiants étrangers à l'Université NEU et comment on peut résoudre les problèmes qui surviennent lorsque les interlocuteurs appartiennent à différentes identités culturelles.

Pour effectuer nos recherches, il a été essentiel de bien cibler notre public afin que les outils de recherche et d'enquête par questionnaires puissent être mis en œuvre. En tant que stagiaire à l'Université Nord-Est en Chine et responsable éducatif dans le bureau des affaires extérieures, nous avons distribué notre questionnaire aux étudiants étrangers sur le site de l'université. Lors de notre stage en Chine, nous avons contacté plusieurs étudiants étrangers ainsi que les responsables éducatifs qui s'occupent des affaires des étudiants internationaux.

Dans cette communication, nous allons parcourir ensemble les étapes successives pour arriver à la conclusion de cette étude. Nous allons d'abord introduire le cadre théorique qui concerne la communication interculturelle, ainsi que le point de vue du management interculturel sur la compétence, la compétence en communication interculturelle, les relations interculturelles, etc.

A travers ce travail, nous allons nous faire une idée globale sur les définitions de communication afin de pouvoir mieux comprendre, par cette étude, l'élément fondamental dans l'interaction du responsable éducatif avec les étudiants étrangers, à savoir la communication interculturelle. En décrivant les recherches actuelles et diverses sur la communication interculturelle, nous allons mettre l'accent sur la définition de compétence et, plus particulièrement, de compétence en communication interculturelle du responsable éducatif pour que cette communication puisse être la plus effective et efficace possible. Pour en savoir plus, la présentation de notre lieu de stage à l'Université du Nord-Est va nous permettre de mieux connaître le contexte de cette recherche.

Nous allons ensuite explorer la phase préparatoire méthodologique de la recherche et la construction des données. Nous allons également voir la procédure pour l'élaboration du questionnaire. Puis nous analyserons les données recueillies en les confrontant à la théorie, et nous essaierons en même temps de trouver des méthodes réalisables dans la relation entre les responsables éducatifs et les étudiants étrangers. Enfin nous résumerons les résultats de ce travail, et nous réfléchirons ensemble sur la relation, sur le plan de la communication, entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers, ainsi que sur les apports et les difficultés rencontrées tout au long de cette étude.

2 Compétences communicationnelles interculturelles

Dans cette partie nous discuterons les notions de communication interculturelle et de compétence en communication interculturelle dans le but de bien expliquer les éléments qui pourraient influencer la communication afin qu'elle devienne plus efficace.

2.1 Compétences communicationnelles

Deux concepts ont longtemps été utilisés pour conceptualiser la compétence en communication : l'efficacité et la pertinence. L'efficacité fait référence à la capacité d'un individu à produire l'effet visé de l'interaction avec l'environnement. Cette capacité est traitée, soit comme un besoin humain fondamental qui est obtenu grâce à un processus d'apprentissage et de socialisation soit comme une capacité acquise reliée à l'intellect personnel et à l'éducation. (Holland & Baird, 1968, p.28)

Une vision plus systématique de l'efficacité dans la communication relie le concept pour inclure les deux éléments. « To be competent, we must not only feel we are competent, but our ability should be observed and confirmed by our counterparts. »[2] (Bochner & Kelly, 1974) Ainsi, la capacité de communication doit être jugée par nos capacités à formuler et atteindre des objectifs, à collaborer efficacement avec les autres et à s'adapter aux variations situationnelles.

John M. Wiemann résume le concept de la compétence de communication du point de vue de l'efficacité, et représente la compétence de communication comme suit : « The ability of an interactant to choose among available communicative behaviors in order that he may successfully accomplish his own interpersonal goals during an encounter while maintaining the face and line of his fellow interactants within the constraints of the situation»[3]. (Wiemann,1977, p.198)

Cette définition soutient simultanément que la communication compétente est autrement orientée et que les communicateurs doivent réussir leurs propres objectifs. Alors que certains savants conçoivent la compétence de la communication comme une fonction de l'efficacité perçue, d'autres considèrent la compétence de la communication comme un point de vue de la pertinence. John M. Wiemann et Philip M. Backlund (1980) expliquent la pertinence dans le processus de communication comme suit : « La pertinence se réfère généralement à la capacité d'un interlocuteur à répondre aux exigences contextuelles fondamentales de la situation pour être efficace au sens général. » (Weimann & Backlund,1980, p.191) Ces exigences contextuelles comprennent :

-- Le contexte verbal, c'est-à-dire avoir un sens en termes de libellé, de déclaration et de sujet

-- Le contexte relationnel, c'est-à-dire la structuration, le type et le style des messages afin qu'ils soient conformes à la relation et à la main

-- Le contexte environnemental, c'est-à-dire la prise en compte des contraintes imposées à la création de messages par les environnements symboliques et physiques

La pertinence implique donc trois types de capacité. Premièrement, reconnaître comment le contexte limite la communication afin d'agir et de parler de manière

[2] Pour être compétents, nous devons non seulement sentir que nous sommes compétents, mais notre capacité doit être observée et confirmée par nos homologues. [Traduit par nous]

[3] La capacité d'un interlocuteur à choisir parmi les comportements communicatifs disponibles afin qu'il réussisse à accomplir ses propres objectifs interpersonnels lors d'une rencontre tout en maintenant le visage et la ligne de ses collègues dans les contraintes de la situation. [Traduit par nous]

appropriée en combinant nos capacités et nos connaissances sociales pour reconnaître que les différentes situations donnent lieu à différentes règles. Deuxièmement, pour éviter une réponse inappropriée. Une réponse inappropriée est définie comme « one which is unnecessarily abrasive, intense, or bizarre. It is also likely to result in negative consequences which could have been averted, without sacrifice of the goal, by more appropriate actions. »[4] (Getter & Nowinski, 1981, p.303) Troisièmement, pour remplir des fonctions de communication telles que contrôler, partager des sentiments, informer, ritualiser et imaginer de manière appropriée. Pour résumer, la compétence de la communication requiert la pertinence. Les critères fondamentaux de la pertinence sont que les interlocuteurs montrent qu'ils comprennent le contenu de la rencontre en respectant leur norme et leurs règles. (Spitzberg & Cupach, 1984, p.101).

2.2 La communication interculturelle

Comme le signale Florence Windmüller : « La communication interculturelle repose sur l'interrelation de personnes issues de cultures différentes en situation d'interactions verbales et non-verbales dans des contextes de communication variés.» (Windmüller F. 2011, p.21) « Si la communication interculturelle renvoie à l'idée d'interactions entre les individus de langues différentes, elle inclut également la gestion des schémas de pensée (postulats, principes, valeurs, modes de raisonnement) ainsi que le mode de communication non verbale (langage corporel, contact visuel, expression faciale). » (Meier, 2016) À l'université du Nord-Est en Chine, notre recherche a été d'étudier la communication interculturelle qui peut donc se définir comme le processus de transfert de l'information entre l'éducateur territorial et les étudiants de différentes origines culturelles. Pour le management interculturel, son principe dans la gestion des étudiants étrangers est le processus de communication interculturelle. Dans le processus de compréhension de l'information, les étudiants qui se trouvent dans des contextes culturels divers sont influencés par cette différence culturelle. Ce processus se résume à la communication mutuelle et à la transmission de l'information entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers. L'efficacité de la communication et de la transmission dépend presqu'entièrement de la compréhension mutuelle entre les gestionnaires et les étudiants étrangers. En faisant le lien avec le processus de communication que nous avons évoqué ainsi qu'avec la définition de la communication interculturelle, on peut constater que, dans l'établissement universitaire, les composantes du processus de la communication interculturelle avec les étudiants étrangers sont les suivantes : le responsable éducatif, les étudiants étrangers, le message, le processus de codage et de décodage, le feedback (contexte culturel, psychologie de la personnalité, l'environnement).

« La communication entre deux cultures différentes tend à stimuler l'imagerie mentale des individus, en les focalisant sur les aspects culturels et symboliques de la communication (éléments de contexte, systèmes de valeurs, croyances, modalité relationnelle, dimensions visuelles, etc.), plutôt que sur les caractéristiques même du message. » (Meier, 2016) Dans la communication interculturelle, la compréhension procède de la compréhension de l'autre qui vient d'une culture différente. Au cours de la communication interculturelle entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers, le

[4] Une qui est inutilement abrasive, intense ou bizarre. Elle est également susceptible d'entraîner des conséquences négatives qui auraient pu être évitées, sans sacrifier l'objectif, par des actions plus appropriées. [Traduit par nous]

processus du codage et du décodage entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers est, en substance, le codage et le décodage de leurs cultures et de leurs sensibilités respectives. Cela signifie, qu'en tant que récepteurs, les étudiants comprennent le message transmis par l'émetteur selon leur attente, leur sensibilité, leur culture et non à partir de la culture de l'autre. D'ailleurs, dans ce type de situation, la composante affective de l'attitude des responsables éducatifs pourrait prendre le pas sur la composante cognitive et, ainsi, modifier fortement la nature du message et son impact auprès des différents étudiants étrangers (en terme, notamment, de feedback). Mais au cours de cette communication interculturelle, quel rôle joue le responsable éducatif ? Comment ces gestionnaires peuvent-ils bien diriger cette équipe particulière composée d'étudiants venus de différents horizons culturels à travers la communication interculturelle ? Nous allons voir dans les paragraphes suivants la notion de compétence en communication interculturelle et analyser les éléments qui pourraient influencer cette compétence.

2.3 Les compétences en communication interculturelle

L'Université du Nord-Est comprend des étudiants étrangers venus de tous les coins du monde, et parmi les 705 étudiants qui se sont inscrits pour l'année 2017, on en compte 624, soit 88.51%, qui parlent l'anglais, 316, soit 44.82%, qui parlent le coréen, 83, soit 11.77%, qui parlent le russe et 68, soit 9.67%, qui parlent le français. Ces données montrent que le responsable éducatif, qui est au service de ces étudiants étrangers, doit avoir une bonne connaissance de ces langues s'il veut que tout se passe bien avec eux.

Pourtant, « dans la communication interculturelle, il ne suffit pas d'étudier la langue du pays, il faut également en connaître la culture. La connaissance de la langue et la méconnaissance de la culture peuvent causer des malentendus. » (Rabassó & Rabassó, 2015, p.69). Ainsi il est nécessaire d'étudier un autre type de compétence qui pourrait permettre le bon déroulement de la communication, à savoir la compétence en communication interculturelle.

En plus de considérer la compétence de la communication comme une interaction efficace et appropriée, les chercheurs en communication interculturelle mettent l'accent sur les facteurs contextuels. Pour atténuer le problème de la définition de la compétence de la communication et appliquer le concept au cadre interculturel, la compétence en communication interculturelle peut être conçue comme la capacité à négocier des significations culturelles et d'exécuter correctement des comportements de communication efficaces qui reconnaissent les identités multiples de l'autre dans un environnement spécifique. Cette définition montre que les personnes compétentes doivent non seulement savoir comment interagir de manière efficace et appropriée avec les personnes et l'environnement, mais également savoir comment remplir leurs propres objectifs de communication en respectant et en affirmant les identités des interlocuteurs avec les cultures multi-niveaux.

L'approche par rapport aux communicateurs interculturels souligne que l'interaction interculturelle réussie se concentre sur les processus de communication entre les personnes qui viennent de cultures différentes. (Hall, Hatchuel, & Graëve, 1979) En d'autres termes, pour être compétents, en tant que responsable éducatif, nous devons montrer la capacité d'établir des relations interpersonnelles avec les étudiants étrangers grâce à un échange efficace de comportements verbaux et non verbaux.

Mary Jane Collier classe l'étude de la compétence en communication interculturelle en quatre catégories : l'ethnographie de la parole, l'attitude croisée, les habiletés

comportementales et l'identité culturelle. L'approche ethnographique de la parole suppose que la signification, la conduite et l'appartenance culturelle sont indépendantes, la compétence doit donc être définie contextuellement. (Hymes, Mugler, & Coste, 1991) Afin d'atteindre les objectifs de communication, l'interlocuteur doit percevoir, sélectionner et interpréter correctement les caractéristiques spécifiques du code en interaction, et les intégrer à d'autres connaissances culturelles et à des compétences en communication.

Après avoir étudié la définition actuelle de la compétence en communication interculturelle, nous pouvons la synthétiser en un modèle de « construction multiculturelle interactive ». Le modèle vise à promouvoir la capacité des interlocuteurs à reconnaître, respecter, tolérer et intégrer les différences culturelles. Le modèle présente un processus transformationnel d'interdépendance symétrique qui s'explique à partir de trois points de vue : 1) la sensibilité interculturelle affective, 2) la conscience interculturelle cognitive et 3) le comportement interculturel.

La perspective affective de la communication interculturelle se concentre sur les émotions personnelles ou les changements de sentiments causés par des situations particulières, des personnes et des environnements. (Triandis, 1977) Le processus affectif souligne en particulier une notion selon laquelle les personnes interculturellement compétentes peuvent projeter et recevoir des réponses émotives positives avant, pendant et après une interaction interculturelle. Les réponses émotionnelles positives conduiront à la reconnaissance et au respect des différences culturelles. C'est la capacité de la sensibilité interculturelle. (Bennett, 1986; Bhawuk & Brislin, 1992) Ainsi on peut dire qu'affectivement, la compétence en communication interculturelle exige une émotion positive qui permet aux individus d'être suffisamment sensibles pour reconnaître et respecter les différences culturelles dans les interactions interculturelles.

« The cognitive perspective of intercultural communication competence emphasizes the changing of personal thinking about the environment through the understanding of the distinct characteristics of our and other's cultures. »[5] (Triandis, 1977)

La sensibilisation culturelle se réfère à la compréhension des conventions de nos cultures et d'autres qui affectent la façon dont les gens pensent et se comportent. Cela comprend la compréhension des points communs du comportement humain et des différences de modèles culturels. Par conséquent, pour être efficace dans l'interaction interculturelle, nous devons d'abord apprendre les préférences d'une culture pour soutenir les arguments et déterminer la connaissance. Autrement dit, nous devons comprendre les différences de variabilité culturelle afin de nous permettre de modifier nos modèles de communication pour être congruents avec les indices d'interactions inconnues.

La perspective comportementale de la compétence en communication interculturelle met l'accent sur la manière d'agir efficacement dans les interactions interculturelles. L'aptitude interculturelle est la capacité d'atteindre les objectifs de communication dans les interactions interculturelles. Elle correspond à la stratégie en communication. Elle est composée de comportements verbaux et non verbaux qui nous permettent d'être efficaces dans les interactions. Les comportements dans la communication interculturelle comprennent les compétences de la distinction des messages, l'auto-divulgation appropriée, la flexibilité du comportement, la gestion de l'interaction et les compétences sociales.

[5] La perspective cognitive de la compétence en communication interculturelle souligne le changement de pensée personnelle sur l'environnement grâce à la compréhension des caractéristiques distinctes de nos cultures et autres. [Traduit par nous]

Les trois perspectives du modèle de compétence en communication interculturelle sont les trois côtés d'un triangle équilatéral. Elles sont tout aussi importantes et inséparables pour former une image holistique des compétences en communication interculturelle.

En conclusion, les fonctions de la compétence en communication interculturelle devraient être étendues pour faire face aux identités multiples des individus dans ce réseau interdépendant et interconnecté de la société mondiale. La portée des compétences en communication interculturelle devrait pénétrer différents niveaux de communication interculturelle pour assurer une intégration de diverses exigences en matière de culture, d'appartenance ethnique, de peuple, de genre et de religion.

3 Approche méthodologique de la construction des données et de leur traitement

Cette partie a pour but d'aborder la méthodologie de la construction du traitement et de l'analyse des données. Comme il s'agit d'une recherche concernant l'investigation des compétences du responsable éducatif en communication interculturelle au cours d'interactions avec les étudiants étrangers, il faut tout d'abord recueillir des données. Afin de connaître, dans les interactions, la méthode et l'attitude du responsable éducatif qui sont les plus acceptées par les étudiants de l'échantillon et qui influent sur la compétence en communication interculturelle, nous allons effectuer une enquête par questionnaire. Ensuite, nous allons analyser les items représentatifs dans le questionnaire.

Alain Chouraqui, du Laboratoire d'Économie et de Sociologie du Travail, signale qu':

> « Il faut apprendre à dépasser le mesurable et le chiffrable, apprendre à vivre avec les approximations et les richesses du qualitatif. Une des meilleures manières d'apprendre consiste justement à faire participer l'ensemble des concernés à l'analyse d'un problème. Si l'on ne peut pas, sur certains points, avoir de vérité objective, c'est une pluralité de regards qui doit essayer de s'articuler dans l'intérêt même de l'efficacité économique et sociale ». (Ranjard. S, 2000, p102-p107)

Cela revient à dire qu'une interrogation des individus suivie d'une généralisation basée sur l'analyse de l'ensemble des discours sont essentielles pour entreprendre et réussir objectivement une recherche. A travers l'enquête par questionnaire, nous allons récupérer les facteurs et observer les différentes méthodes de communication que les responsables éducatifs utilisent au quotidien. Ces facteurs influent sur la compétence du responsable éducatif en communication interculturelle par conséquent, dans une deuxième phase, l'enquête par questionnaire servira à cerner les raisons qui font que ces facteurs pourraient influer sur la compétence en communication interculturelle et, progressivement, influer davantage sur le processus de communication avec les étudiants étrangers.

4 Présentation du terrain d'étude

Cette section aborde, dans notre questionnaire, la question du terrain d'étude. Nous allons, tout d'abord, présenter le contexte dans lequel nous avons effectué nos recherches. Nous avons ciblé, dans ce travail, les étudiants étrangers qui poursuivaient leurs études à l'Université du Nord-Est et qui logeaient dans le troisième domicile, à savoir le domicile

des boursiers. Ce sont eux qui ont répondu au « sondage du questionnaire sur la satisfaction des étudiants étrangers » Lors de notre quatrième semestre universitaire en Chine, j'étais stagiaire à l'Université du Nord-Est en tant que responsable éducatif et les méthodes de communication utilisées par mes collègues m'ont alors vivement intéressée. Au cours de ce stage, notre université a élaboré un questionnaire et l'a distribué aux étudiants étrangers dans le but d'analyser leur satisfaction concernant nos services. Mais sur notre attitude et nos méthodes de service, les étudiants étrangers n'étaient pas très satisfaits. Ainsi notre questionnaire avait comme objectif d'analyser concrètement ces deux éléments. Mon questionnaire a donc été distribué, dans ce but, en deux versions, l'une en anglais et l'autre en chinois, et a été également traduit en français, ainsi que les réponses, pour une meilleure lecture et compréhension de ce mémoire.

En faisant référence au « Système d'évaluation du management interculturel pour les étudiants étrangers » édité par le Ministère de l' Éducation nationale de Chine, et au « Rapport de relation interculturelle des étudiants étrangers» rédigé par Wang Gengyu, professeur à l'Université Renmin de Chine, nous avons conçu ce « Questionnaire sur l'efficacité de communication entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers à l'Université du Nord-Est », composé de questions ouvertes et de questions fermées afin d'analyser concrètement la perception que les étudiants étrangers ont des attitudes de leurs responsables éducatifs et de la qualité des services que ces derniers leur apportent.

Ce questionnaire a été établi pour les étudiants étrangers du département d'échange international, à l'Université du Nord-Est. J'ai utilisé la plateforme WeChat de cette université ou leur adresse mail pour qu'ils le reçoivent. L'échantillon était constitué, pour cette étude, de 51 élèves venant de différents pays. Le tableau suivant (Tableau 1) présente les situations personnelles de ces 51 étudiants étrangers.

<table>
<tr><th>Sexe</th><th>Religion</th><th>Statut scolaire</th></tr>
<tr><td>Hommes : 34 (soit 66%)</td><td>Chrétienne : 20 (soit 38%)</td><td>Licence : 7 (soit 14%)</td></tr>
<tr><td>Femmes : 17 (soit 34%)</td><td>Musulmane : 14 (soit 28%)</td><td>Master : 34 (soit 66%)</td></tr>
<tr><td></td><td>Hindouiste : 1 (soit 2%)</td><td>Doctorat : 4 (soit 8%)</td></tr>
<tr><td></td><td>Bouddhiste et autres : 16 (soit 32%)</td><td>Étudiants en langues : 6 (soit 12%)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Nationalités</td><td rowspan="4">Pakistanais : 4
Nigériens : 4
Ougandais : 6
Tanzanien : 1
Camerounais : 3
Yéménite : 1
Vietnamiens : 8
Polonais : 3
Russes : 3
Américains : 2
Nigérien : 1
Cap Verdien : 1
Rwandais :2
Bangladais : 1
Thaïlandais : 1
Guinéens : 3
Mongol : 1</td><td>Pays africains : 22 (soit 42%）</td></tr>
<tr><td>Pays asiatiques : 19 （soit 38%）</td></tr>
<tr><td>Pays occidentaux (européens et nord-américains) : 10 (soit 20%)</td></tr>
<tr><td>Total : 51</td></tr>
</table>

	Coréens : 3 Français : 1 Mexicain : 1 Gabonais : 1	

Tableau 1– Situation personnelle des étudiants de l'échantillon

4.1 « Wen Juan Xing » et « L'échelle Likert »

Ce chapitre aborde la question de l'introduction du logiciel « Wen Juan Xing » et de la méthode d'analyse des donnés par l'« Echelle de Likert ». La définition de « questionnaire » dans l'Encyclopaedia Universalis se trouve à l'entrée du même nom :

> « Technique d'investigation utilisée en psychosociologie mais aussi dans d'autres domaines de la psychologie. Les questions composant le questionnaire peuvent être de deux types : soit des questions ouvertes ou à réponses libres, soit des questions fermées, dites encore à choix multiples. Le sujet coche la réponse qui correspond le mieux à ce qu'il pense. Les questionnaires pédagogiques visent à tester le niveau d'acquisition dans un domaine de connaissances donné. » (Regnier, 2003, p.17)

Il est indiscutable que l'efficacité en communication interculturelle diffère d'un individu à l'autre selon l'environnement, l'attitude des interlocuteurs et d'autres facteurs encore. Pour étudier la compétence en communication interculturelle des responsables éducatifs à l'Université du Nord-Est et pour collecter les différentes perceptions qu'ont les étudiants étrangers par rapport à cette compétence et les évaluations qu'ils en donnent, il faut un outil d'enquête qui permette à la fois de décrire l'opinion de chacun et de comparer les réponses des personnes interrogées. Nous avons, par conséquent, choisi le principe du questionnaire « Wen juan Xing » comme outil pour notre enquête, car certaines caractéristiques qu'utilise cette méthode correspondent bien aux objectifs de notre recherche.

Le logiciel « Wen Juan Xing » est une plateforme de sondage professionnelle en ligne pouvant fournir à ses utilisateurs une série de services y compris l'élaboration de questionnaires en ligne, la collecte des données, l'analyse de rapports personnalisés, la formulation de conclusions, etc. Par rapport aux méthodes traditionnelles d'enquête et de sondage en ligne ou à d'autres systèmes d'enquête, « Wen Juan Xing » a, pour lui, l'avantage d'être rapide, facile à utiliser et d'un faible coût. Le processus d'utilisation de « Wen Juan Xing » suit les étapes suivantes :

-- Conception du questionnaire en ligne : « Wen Juan Xing » fournit une interface permettant la conception, supporte une pluralité de types de questions, une barre de colonne pour l'information et la radiomessagerie et nous pouvons, de plus, y définir la logique de navigation.

-- Publication du questionnaire et création de l'ensemble des attributs : Après sa conception, le questionnaire est distribué directement en ligne en lui définissant des attributs qui concernent, par exemple, sa classification, sa description, etc.

-- Envoi du questionnaire : Un mail d'invitation peut leur être envoyé mais d'autres logiciels de contact comme WeChat, MSN, Facebook ou QQ, peuvent également les en informer.

-- Visualisation des résultats de l'enquête : Par l'intermédiaire de graphiques, comme des histogrammes ou des diagrammes à secteurs, nous pouvons visualiser les réponses et en tirer rapidement des conclusions.

-- Création de rapports : Un rapport personnalisé peut être disponible après filtrage par une série de conditions sélectives en vue d'une analyse croisée et d'une classification statistique, non seulement en fonction des réponses données, mais également en fonction de la durée de remplissage du questionnaire, des sources, de la région, etc., afin de faire une sélection de l'ensemble des réponses conformément aux conditions initiales.
-- Téléchargement des données de l'enquête : À la fin de l'enquête, nous pouvons télécharger les statistiques pour les conserver, et imprimer ou télécharger les données brutes avec d'autres logiciels d'analyse d'étude pour en faire une analyse ultérieure.

Les questionnaires ont été distribués sur la plateforme WeChat de l'International Student Office. Les étudiants étrangers ont rempli ces questionnaires traduits en chinois et en anglais. Je leur ai expliqué la manière de les remplir et ils ont été remplis entre cinq et dix minutes. Nous avons pu en récupérer, au total, 51. Pour faciliter ce travail de recherche, nous avons rédigé les questionnaires en différentes langues de telle sorte que les étudiants puissent bien comprendre le but du questionnaire et la façon d'y répondre. Cependant, comme nous ne connaissons que le français, l'anglais et le chinois, le questionnaire n'a été distribué qu'en anglais et en chinois. D'ailleurs, les questionnaires en chinois ont été écartés car les étudiants étrangers n'avaient pas le même niveau dans cette langue, et certains étudiants auraient pu rencontrer de réelles difficultés de compréhension si le questionnaire avait été rédigé dans cette langue.

Pour constater la variation de l'efficacité de communication d'une personne à l'autre selon l'environnement et le sujet lui-même, et investiguer les facteurs qui pourraient influer sur cette communication, il nous faut un outil d'enquête qui permette, à la fois, de décrire l'opinion des étudiants étrangers et de comparer leurs réponses. On a choisi, par conséquent, l'« échelle de Likert» en tant qu'outil d'enquête, car son utilisation appropriée à notre étude pourrait, très certainement, en faire ressortir certaines caractéristiques.

Une échelle de Likert, du nom du psychologue américain Rensis Likert, est une échelle de jugement que l'on trouve fréquemment dans les questionnaires psychométriques et sur laquelle la personne interrogée exprime son degré d'accord ou de désaccord vis-à-vis d'une affirmation ou d'un énoncé. L'échelle de Likert est beaucoup utilisée en psychologie sociale et clinique, dans les sciences de gestion, notamment en marketing, dans les sondages, etc.

Cette échelle évalue les attitudes et les comportements en proposant des choix de réponses allant d'un extrême à l'autre. Par exemple, de « Pas du tout probable » à « Extrêmement probable ». On peut ainsi voir qu'il s'agit là d'une méthode qui renvoie à la description détaillée d'un avis personnel. À l'inverse d'une simple question qui n'autorise que deux réponses, oui ou non, l'échelle de Likert nous permet de dégager différents degrés d'opinion. Cela peut se révéler particulièrement utile pour les sujets sensibles ou épineux. Disposer d'un éventail de réponses nous permettra également d'identifier plus facilement les secteurs à améliorer quant à la qualité, entre autres, du service proposé par l'International Student Office. Une des caractéristiques importantes de l'échelle de Likert est sa symétrie par rapport à une position centrale, ou modalité neutre, communément appelée « ni-ni » qui peut être formulée de plusieurs façons différentes comme, par exemple : « Ni en accord ni en désaccord » ou « Sans opinion ». L'échelle compte, le plus souvent, de cinq à sept éléments, mais peut comprendre de trois à une dizaine d'échelons en fonction de la précision recherchée. On peut de même trouver des échelles d'attitude avec un nombre pair de modalités, ce qui tend à forcer le choix du répondant. Parfois, l'échelle comprend la possibilité d'une réponse comme « Ne sait pas

» ou « Non concerné » avec, dans ce cas-là, le risque d'obtenir un nombre élevé de non-réponses. Lors de l'exploitation des réponses, on peut aussi transformer numériquement l'échelle en associant un nombre à chaque réponse.

Par l'addition de ces nombres obtenus, nous pouvons, par exemple, calculer des moyennes, mais nous pouvons aller beaucoup plus loin car les échelles de Likert sont additives. En posant une question formulée sur ce type d'échelle pour chacune des facettes d'un objet et en additionnant les valeurs associées aux différentes réponses, nous pouvons obtenir des valeurs synthétiques extrêmement intéressantes.

L'échelle contient en général cinq ou sept choix de réponses qui permettent de nuancer le degré de l'accord. Par exemple : « Tout à fait d'accord » ; « D'accord » ; « Ni en désaccord ni d'accord » ; « Pas d'accord » et « Pas du tout d'accord ». Pour les échelles impaires, le niveau central permet de n'exprimer aucun avis, tandis que les échelles paires, par exemple à quatre modalités, sont dites « à choix forcé ». À chaque réponse, il est possible d'attribuer une valeur numérique, positive ou négative, qui va permettre un traitement quantitatif des données et des calculs, par exemple, de moyennes et d'écart-types pour les réponses données par l'échantillon interrogé.

4.2 L'élaboration du questionnaire

Ce chapitre aborde la question de l'élaboration de notre questionnaire. L'élaboration d'un questionnaire requiert beaucoup d'attention et de rigueur. Elle s'organise autour des trois axes suivants : la forme, le contenu et la passation, et se base sur la théorie de la communication et la compétence en communication interculturelle. Dans notre questionnaire, Nous avons tout d'abord cherché des informations à partir de notre question de départ : « Comment effectuer une communication efficace ? » Pour préciser cette question, nous pouvons nous demander ce que permet une communication efficace et pourquoi le permet-elle ?

Pour nos recherches, en raison du temps limité, de nos capacités et de notre perception que nous avions sur le sujet, nous ne pouvons pas faire référence à un questionnaire tout prêt. Après en avoir parcouru plusieurs, et me référant à la théorie de la communication dans le cadre du management interculturel, le « Système d'évaluation du management envers des étudiants étrangers » édité par le Ministère de l'Éducation Nationale de Chine, ainsi qu'au schéma du processus de communication[6], puis en examinant les résultats du « Questionnaire de sondage sur la satisfaction des étudiants » nous avons conçu nous-même ce questionnaire.

Selon le « Système d'évaluation du management interculturel pour les étudiants étrangers », édité par le Ministère de l'Éducation Nationale Chinois, ainsi que le « Rapport de relation interculturelle des étudiants étrangers» rédigé par Wang Gengyu, professeur à l'Université Renmin de Chine, et après discussion avec mes collègues (responsables éducatifs à l'Université du Nord-Est), nous avons pu mettre en évidence 5 éléments qui décident de l'attitude dans la communication : la volonté de communiquer du responsable, son attention quand il communique, son impartialité à traiter les événements, son écoute attentive aux demandes des étudiants étrangers et la prise de mesures discrètes. Il existe également 5 éléments qui participent à la méthode de communication : la planification de la communication, la stipulation de l'information, la diversité des moyens de communication, la fréquence de la communication ainsi que la

[6] https://fr.wikipedia.org/wiki/Sch%C3%A9ma_de_Jakobson (schema de Jakobson)

conscience culturelle. Nous avons utilisé, par conséquent, un graphique pour décrire ces relations. (Figure 2)

De plus, nous pouvons voir que l'échelle Lickert correspond bien à une situation de recherche qui prend en compte les dimensions qualitatives et quantitatives. C'est une technique qui va nous permettre d'investiguer l'opinion de chacun et de les comparer. Cependant, pour utiliser cette technique de recherche, il est essentiel de proposer des items pertinents pour qu'ils puissent refléter les objectifs importants de la recherche : l'attitude et La méthode de communication du responsable éducatif.

L'attitude pour bien communiquer du responsable éducatif traduit sa conscience envers les étudiants étrangers. Elle est influencée par cinq variantes : sa volonté de communiquer, son attention dans la communication, son impartialité à traiter les événements, son écoute attentive aux demandes des étudiants étrangers et la prise de mesures discrètes alors que la méthode de communication du responsable éducatif vise à évaluer pour ce qui est du comportement du responsable éducatif dans le domaine de la connaissance et de la stratégie de communication, les six variantes suivantes sont-elles réalisées ?(La planification de communication; La stipulation de communication; La diversité des moyens de communication ; La fréquence de communication ; La conscience culturelle)

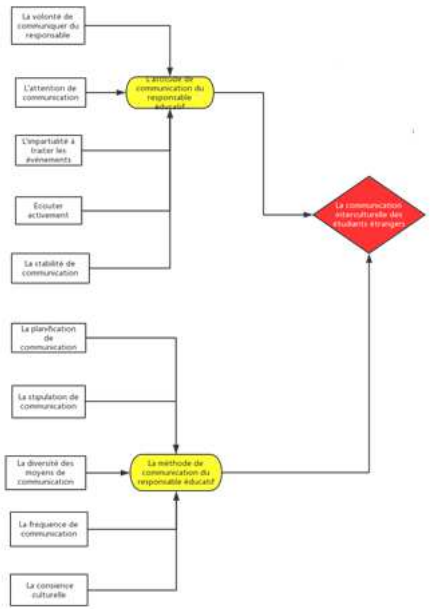


Figure 35 (Schéma sur les relations entre les éléments de communication interculturelle)

--- La volonté de communication : Le responsable doit montrer son désir de communiquer avec les étudiants étrangers d'où la question : Durant la communication, le responsable éducatif prend-il une empathie positive ?

--- L'attention dans la communication : De l'ensemble des responsables éducatifs, le directeur peut-il également communiquer directement avec les étudiants étrangers ?

--- L'impartialité à traiter les événements : Lors du traitement des affaires des étudiants étrangers, l'action du responsable éducatif est-elle cohérente ?

--- L'écoute attentive : Le responsable éducatif veut-il bien écouter le feedback ou les opinions des étudiants étrangers ?

--- La stabilité de communication : Dans le processus d'exécution d'une politique universitaire, l'action du responsable éducatif est-elle détendue et stable ?

--- La planification de communication : La communication entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers est prévue.
--- La stipulation de communication : Le message et l'information que le responsable éducatif émet peuvent être bien reçus et compris par les étudiants étrangers.
--- La diversité des moyens de communication : Il existe plusieurs moyens pour communiquer entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers.
--- La fréquence de communication : Lorsque la communication entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers est fréquente, le nombre de communications est-il alors suffisant ?
--- La conscience culturelle : Il existe des cas où la communication entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers est mal comprise à cause des différences culturelles, et dans ces cas, la capacité de la prise en compte de ces différences culturelles par le responsable éducatif est insuffisante.
--- Le contexte culturel des étudiants étrangers : Les caractéristiques culturelles des étudiants étrangers, puisque les étudiants qui répondent à notre questionnaire ont des religions, sont à prendre en considération car la religion fait partie des éléments qui vont influer sur le contexte culturel.

5 Approche méthodologie de l'analyse des données

Ce chapitre aborde la question de l'analyse des données du questionnaire. Dans cette partie, nous analyserons, la fiabilité et la validité de notre questionnaire en utilisant les méthodes qu'on a évoquées ci-dessous. En utilisant l'analyse des facteurs et l'analyse de dispersion (corrélation variante), nous mettrons en évidence l'indicateur sur lequel les étudiants sont en accord et ainsi, la corrélation entre les indicateurs pourra bien étayer et confirmer les hypothèses mentionnées au début de nos recherches.

5.1 Présentation des données

Fondée dans les années 80 par Régis Gras, cette méthode non symétrique d'analyse de données continue à évoluer sous impulsion de nombreux chercheurs dont le représentant J-C Regnier. Dans notre recherche, nous allons l'utiliser pour croiser des sujets avec des variables qualitatives ordinales, c'est-à-dire des variables modales. Un logiciel dénommé C.H.I.C. (acronyme de Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive) dans sa verion 7, est fonctionnel pour traiter tous les problèmes numériques et graphiques nécessaires à l'usage de la méthode A.S.I. Pour faciliter l'analyse des données dans la partie suivante, nous allons coder les variables suivantes :

Variable	**Type**	**Code**	**Description de la variable codée**
Durée de réponse	Supplémentaire	V01 Durée 165_559 V01 Durée 565-966 V01 Durée 1163_1583 V01 Durée 2500_2988	
Lieu de réponse	Supplémentaire	V02_LieuReponseChine V02_LieuReponseHorsChine	
Sexe	Supplémentaire	V03__Homme V03__Femme	

Tableau 2a présentation des données

Variable	Type	Code	Description de la variable codée
Niveau de scolarité	Supplémentaire	V04_Licence V04_Master V04_Doctor V04_Language Student	
La volonté de communication	Principal	V05_1	L'Université du Nord-Est met tout en œuvre pour que la communication se passe bien avec les étudiants étrangers
L'attention dans la communication	Principal	V05_2	Les étudiants étrangers ont souvent l'occasion de communiquer directement avec le responsable éducatif de l'Université du Nord-Est
L'impartialité à traiter les événements	Principal	V05_3	Le traitement des événements concernant les étudiants étrangers de l'Université du Nord-Est est impartial
L'écoute attentive	Principal	V05_4	L'Université du Nord-Est est disposée à écouter les commentaires formulés par les étudiants étrangers.
La stabilité de communication	Principal	V05_5	Les nouvelles mesures de la gestion des étudiants étrangers prises par l'Université du Nord-Est ont été atténuées
La planification de communication	Principal	V05_6	L'Université du Nord-Est a planifié sa communication avec des étudiants étrangers
La stipulation de communication	Principal	V05_7	Des informations concises et pertinentes sont communiquées de l'Université du Nord-Est aux étudiants étrangers
La diversité des moyens de communication	Principal	V05_8	Il existe une variété de canaux de communication entre l'Université du Nord-Est et les étudiants étrangers.
La fréquence de communication	Principal	V05_9	L'Université du Nord-Est communique fréquemment avec les étudiants étrangers
La conscience culturelle	Principal	V05_10	Il existe des différences culturelles dans la communication entre l'Université du Nord-Est et les étudiants étrangers
Les facteurs influencés par la communication	Principal	V06_1	Compétences linguistiques étrangères du responsable
		V06_2	Attitude du service
		V06_3	Différence de culture minimale entre vous et le responsable éducatif
		V06_4	Relation avec votre professeur (respectif ou approprié)
		V06_5	Efficacité du travail du responsable éducatif
		V06_6	Outils de communication modernes (WeChat, Système Laihua)
Méthodes efficaces pour recevoir les informations	Principal	V07_ComVerb	Communication verbale
		V07_ExpEcrite	Expression écrite ou communication non verbale (vue, geste etc.)
		V07_WeChat	
Réaction des étudiants étrangers	Principal	V08_Oui V08_Non	Lorsque vous recevez une information ou des renseignements du Bureau des étudiants étrangers, en tenez-vous immédiatement compte et réagissez-vous rapidement ?

Tableau 2b présentation des données

Variable	Type	Code	Description de la variable codée
Raisons d'une réaction tardive ou non-réaction	Principal	V09_1	Je ne peux pas recevoir l'information à temps
		V09_2	Je ne peux pas comprendre le contenu de l'information
		V09_4	Dans la plupart des cas, je pense que l'information ne me concerne pas
		V09_5	En raison des différences culturelles ou des différences institutionnelles, je pense que l'information n'est pas raisonnable
Les outils efficaces	Principal	V10__Wechat V10_System	Les outils technologiques modernes de communication sont efficaces dans les échanges entre les étudiants étrangers et les responsables éducatifs du Bureau des étudiants internationaux

Tableau 2c présentation des données

5.2 L'arbre des similarités de toutes les variables

> « L'arbre des similarités calcule, pour chaque couple de variables, la similarité entre celles-ci. Ensuite, il agrège les classes constituées elles-mêmes d'autres classes. Les niveaux identifiés par un trait rouge (en gras sur la figure) sont des niveaux significatifs dans la mesure où ceux-ci ont plus de signification classifiante que les autres niveaux. » (Couturier et Gras)

Pour observer les contributions démographiques dans notre travail, les variables supplémentaires suivantes sont ajoutées : Lieu de la réponse, sexe ainsi que le niveau de scolarité. Dans la Figure 3, nous pouvons constater qu'il existe, en tout, 25 niveaux entre 0,7926 et 1.18106e-09, parmi lesquels le niveau 1, 12. 18, 23 qui sont des nœuds significatifs, le nœud le plus significatif étant au niveau 1 (entre V05_10 et V08 NO) avec un indice de similarité de 0,79268. Cela nous montre qu'il existe une probabilité importante entre la conscience culturelle et la réaction tardive ou non-réaction des étudiants étrangers. Concrètement dit, des différences culturelles dans la communication entre l'Université du Nord-Est et les étudiants étrangers contribuent à la réaction tardive, voire la non-réaction des étudiants étrangers.

Nous avons deux variables V06_6 et V09_5 dans le deuxième degré avec l'indice de similarité 0,7822, Les étudiants, qui sont conscients de l'importance des outils de communication moderne (Wechat ou le Système Laihua) dans la communication, pensent qu'à cause des consciences culturelles ou institutionnelles, l'information du Bureau International ou de l'Université n'est quelquefois pas raisonnable. Ainsi ils ne veulent pas participer à des activités ou donner leur avis. En d'autres termes, nous remarquons la similarité entre deux variables (V07_Wechat et V09_2) avec l'indice 0,7729. Cela nous indique que les étudiants, qui pensent que WeChat est un outil efficace pour recevoir les informations, sont convaincus que la compréhension du contenu de l'information est la raison pour laquelle ils ne peuvent pas participer à des activités ou donner leur avis. La variable, qui contribue le plus à cette classe, est V03__Homme avec un risque de : 0.153

Dans Classification au niveau 4 (V06_2 et V07_ComVerb) avec la similarité 0,7556, nous voyons qu'il existe une similarité entre les réponses de ces deux variables, c'est-à-dire que les réponses des étudiants, qui pensent que l'attitude du service des responsables éducatifs est un facteur influençant la communication, ressemblent aux réponses des étudiants qui considèrent que la communication verbale est une méthode efficace à recevoir les informations. La variable qui contribue le plus à cette classe est V04_LanguageStudent avec un risque de 0.0374. Dans le cinquième degré entre variable

08_oui et 09_1) avec une similarité de 0,7372, nous remarquons que normalement les étudiants, qui peuvent tenir en compte les informations ou réagir immédiatement, ne peuvent pas participer à une activité ou donner un avis dans le cas où ils ne peuvent pas recevoir les informations à temps. D'ailleurs, nous remarquons également que les variables de V05 sont regroupées majoritairement, sauf V05_3 et V05_10. Nous allons analyser précisément les raisons dans la partie suivante.

« Le calcul du graphe implicatif permet d'obtenir un graphe où les variables qui possèdent une intensité d'implication supérieure à un certain seuil sont reliées par une flèche représentant l'implication.» (Couturier et Gras).

Nous allons analyser dans ce paragraphe, à travers le graphe implicatif construit à partir de 4 variables supplémentaires et 15 variables principales portant sur 51 échantillons (Figure 4). Les premiers résultats nous montrent une intensité d'implication supérieure au seuil de 0,95, c'est-à-dire suffisamment puissante pour repérer les règles d'implication. Pour plus de visibilité, les chemins sont reproduits dans le tableau suivant. Il a été adopté pour les niveaux de confiance de 0,85 (rouge – tiret avec une intensité très forte) ; 0,84 (gris - course intensive) ; 0,83 (vert - avec une trace d'intensité régulière) et 0,82 (violet - course de faible intensité). Il est évident de remarquer le lien entre toutes les variables de V05. C'est-à-dire dans ce cas-là, l'intensité d'implication de ces dix variables de V05 est plus forte que d'autres variables.

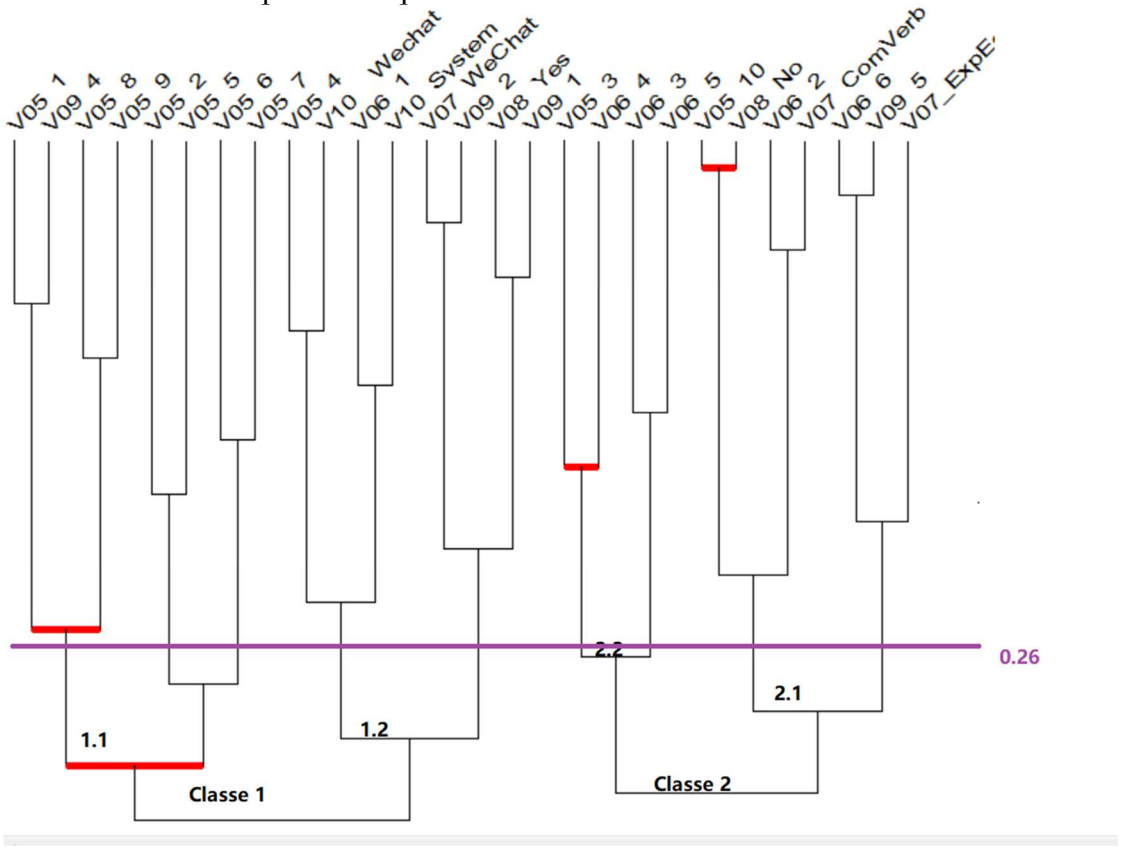


Figure 3- Arbre de similarité de toutes les variables

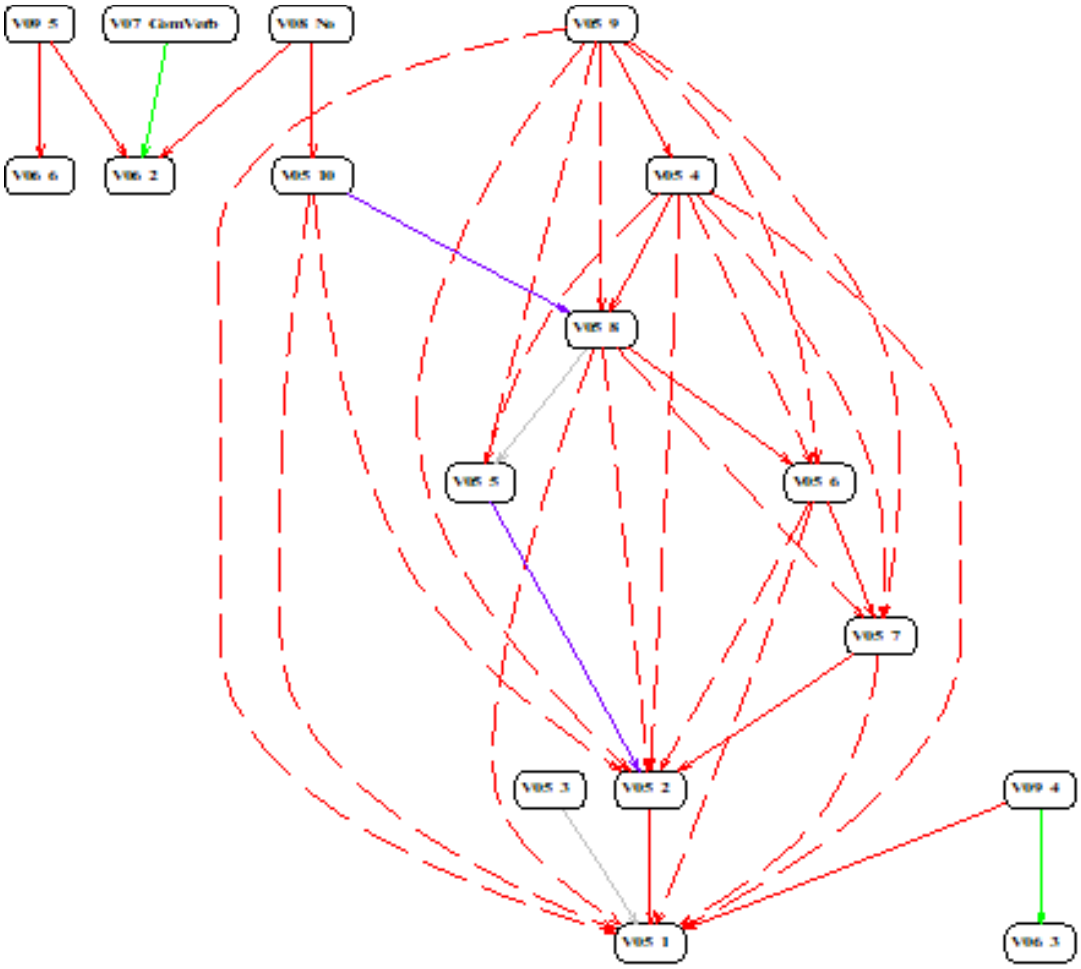


Figure 4- Graphe implicatif de toutes les variables

5.3 L'analyse de dispersion sur l'efficacité de la communication interculturelle (Question représentative : question 8)

Dans cette partie et en faisant référence à la situation personnelle des échantillons (Tableau 1), nous allons examiner la crédibilité de ce questionnaire. Voici la situation générale des étudiants étrangers à l'Université du Nord-Est (Tableau 3). Si nous comparons avec le Tableau 1, nous pouvons constater que la situation personnelle des échantillons correspond généralement à la situation personnelle des étudiants étrangers à l'Université du Nord-Est. Ainsi ces échantillons sont représentatifs et utilisables pour analyser le questionnaire et continuer notre recherche.

Sexe	Religion	Statut universitaire
Homme : 383 (soit 54.09%)	Chrétienne : 285	Licence : 175
Femme : 323 (soit 45.62%)	Musulmane :212	Master : 218
Total : 708	Hindouiste 10	Doctorat : 69
	Bouddhiste (et autres) : 98	Etudiants en langue : 245
Nationalités	Pays africains : 100 Pays asiatiques : 461 Pays occidentaux (européens ou américains) : 190 Total : 708	

Tableau 3– Situation générale des étudiants étrangers à l'Université du Nord-Est

Ce paragraphe aborde l'étude de dispersion sur l'efficacité de la communication. Il commence par la constatation de la perception des étudiants par rapport à la communication quotidienne avec leurs responsables éducatifs puis se termine par son analyse. En utilisant l'outil statistique (moyenne, variance et coefficient de variation), nous pouvons constater que la moyenne du premier élément (la volonté de communication) est au plus haut mais que, pour les éléments « fréquence de communication » et « conscience culturelle », les moyennes sont relativement bien inférieures. Cela montre que les responsables éducatifs à l'Université du Nord-Est ont une bonne conscience dans leur communication, bien que leurs mobilités et leurs connaissances culturelles doivent être encore améliorées.

nb col 27, nb lig 51

	Occurrence	Moyenne	Ecart type
V05_1	39.00	0.76	0.26
V05_2	37.00	0.73	0.26
V05_3	34.50	0.68	0.24
V05_4	34.25	0.67	0.28
V05_5	35.25	0.69	0.22
V05_6	35.00	0.69	0.27
V05_7	35.50	0.70	0.25
V05_8	35.00	0.69	0.28
V05_9	32.25	0.63	0.34
V05_10	31.25	0.61	0.29

Tableau 4-Information des indicateurs, moyenne, écart-type

Le coefficient de variation est une variante qui montre le degré de variation de tous les éléments observés. La formule est la suivante (1) : (σ désigne l'écart-type et μ la moyenne). La moyenne et l'écart-type nous permettent de calculer le coefficient de variation, et les résultats sont présentés dans le Tableau 5 ci-dessous. D'après ce tableau, les différences entre les coefficients de variation de ces dix éléments sont peu significatives, la plupart des coefficients tournant autour de 0.35 et 0.4. Mais pour « La fréquence de communication » et « La conscience culturelle », les deux valeurs 0.5396 et 0.4754 sont relativement plus élevées. Le coefficient de variation de stabilité de communication est relativement plus bas. Par conséquent, nous pouvons constater que la perception des étudiants étrangers à l'Université du Nord-Est est plutôt en accord avec la

stabilité de communication, et qu'il existe des divergences entre les étudiants étrangers par rapport aux éléments de fréquence de communication et de conscience culturelle.

Coefficient de Variation (CV)＝σ/μ (1)

La fréquence de communication est destinée à évaluer la fréquence de la communication entre le responsable éducatif et les étudiants étrangers ainsi que le niveau, suffisant ou non, du nombre de communications. On comptait dans notre bureau, au total, sept responsables éducatifs. Leurs fréquences de communication avec les étudiants étrangers étaient très différentes les unes des autres, et la divergence des étudiants étrangers pour cet élément « fréquence de communication » est donc normale.

La conscience culturelle lors d'une communication entre le responsable éducatif et un étudiant étranger est mal comprise à cause de l'écart culturel, entre eux, qui est patent ou de la capacité d'une conscience culturelle de la part du responsable éducatif qui est insuffisante. La moyenne de cet élément est très basse. Cela signifie que la connaissance culturelle des responsables éducatifs dans l'International Student Office n'est pas satisfaisante. La stabilité de communication vise à évaluer, dans le processus d'exécution d'une politique universitaire, si l'action du responsable éducatif est soutenue et bien stable.

	Moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation
V05_1	0.76	0.26	0.34210526
V05_2	0.73	0.26	0.35616438
V05_3	0.68	0.24	0.35294118
V05_4	0.67	0.28	0.41791045
V05_5	0.69	0.22	0.31884058
V05_6	0.69	0.27	0.39130435
V05_7	0.7	0.25	0.35714286
V05_8	0.69	0.28	0.4057971
V05_9	0.63	0.34	0.53968254
V05_10	0.61	0.29	0.47540984

Tableau 5-Coefficient de variation

5.4 La corrélation entre les dix indicateurs analysés par le graphe des similarités

Ce chapitre aborde la question de l'étude de la corrélation entre les dix indicateurs de communication interculturelle par l'utilisation de la méthode statistique implicative. Nous allons effectuer nos études en analysant la graphie de similarité à l'aide de notre application CHIC.

« Pour construire un arbre de similarité, on réunit en une classe au premier niveau, tout d'abord, les 2 variables qui se ressemblent le plus au sens de l'indice de similarité, puis 2 autres variables ou une variable et la classe déjà formée au sens de l'indice de classe, puis d'autres variables ou des classes de variables. Les niveaux significatifs sont identifiés en trait rouge » (Aide CHIC)

L'arbre des similarités ci-dessous (Figure 5) fait nettement apparaître une répartition en deux grandes familles. L'une consiste 4 variables (V05_1, V05_10, V05_2, V05_4) l'autre consiste 4 variables tel que (V05_3, V05_5, V05_8, V05_6, et V05_7, V05_9). Ainsi nous trouvons 9 niveaux de similarité entre 0,0004 et 0,7588. Et nous trouvons trois niveaux significatifs :1,6,9, ce sont les niveaux où se forment une partition et des classes le plus en accord avec les indices de similarité initiaux. « V05_8 » et « V05_9 » se ressemblent plus que tout autre paire de variables, ils regroupent la classe la plus significatif est le niveau 1, dont l'indice de similarité est de 0,7588, cela nous montre qu'il existe un fort lien entre « la diversité des moyens de communication » et « la fréquence »

pour une communication efficace avec les étudiants étrangers. Ensuite on a nœud significatif : niveau 6, dont l'indice de similarité est de 0,3172. Nous avons de plus des variables l'attention dans la communication et l'écoute attentivement, on peut classer les quatre indicateurs (V05_6, V05_7, V05_8, V05_9) dans la même classe, ce qui correspond à notre conception initiale- on considère ces quatre indicateurs comme les éléments à évaluer la communication du responsable éducatif. Et Finalement le niveau 9 (indice de similarité :0,0004) avec toutes les variables, cela nous indique il existe la corrélation entre les dix indicateurs. Pourtant, selon le paragraphe, a gauche de l'arbre, le niveau 5(indice est 0,5834) regroupe par les deux variables « V05_3 » et « V05_5 » nous explique que les réponses de ces deux variables sont rassemblées, concrètement dit, la stabilité de communication et l'impartialité du responsable éducatif de traiter les événements sont étroitement liés pour la communication interculturelle. Le niveau 8 (indice est 0,0364) n'est pas significatifs, ce qui nous indique que les trois classes (V05_3, V05_5), (V05_6, V05_7) et (V05_8, V05_9) s'opposent à ce niveau et leur réunion ayant une cohésion nulle, ne se regroupe pas.

Comme dans la section 6.2, nous avons remarqué que les variables de V05 sont regroupées majoritairement, sauf V05_3 et V05_10. Cette raison est expliquée avec précision à travers le graphe implicatif construit à partir de 10 variables portant sur 51 échantillons (Figure 6). Les premiers résultats nous montrent une intensité d'implication supérieure au seuil de 0,95, c'est-à-dire suffisamment puissante pour repérer les règles d'implication. Pour plus de visibilité, les chemins sont reproduits dans le tableau suivant. Il a été adopté pour les niveaux de confiance de 0,87 (rouge – tiret avec une intensité très forte) ; 0,86 (gris - course intensive) ; 0,85 (vert - avec une trace d'intensité régulière) et 0,84 (violet - course de faible intensité). Par rapport aux autres, les chemins implicatifs en provenance de ces deux variables V05_3 et V05_10 sont relativement faibles. Contrairement, dans la figure 6, nous constatons malgré tout que presque toutes les flèches sont issues de V05_9, sauf le V05_3 et le V05_10. De même, les flèches des autres indicateurs pourraient aboutir jusqu'à V05_2 (l'attitude du service du responsable éducatif) et encore plus V05_1 (la volonté de communication).Le chemin (05_9, 05_4, 05_8, 05_6, 05_7, 05_2, 05_1) nous intéresse, la variable qui contribue plus ce chemin est V01_Duree2500_2988, cela nous indique que les étudiants qui répondent à ce questionnaire soigneusement, pensent plutôt qu'il existe le lien logique les unes après les autres.

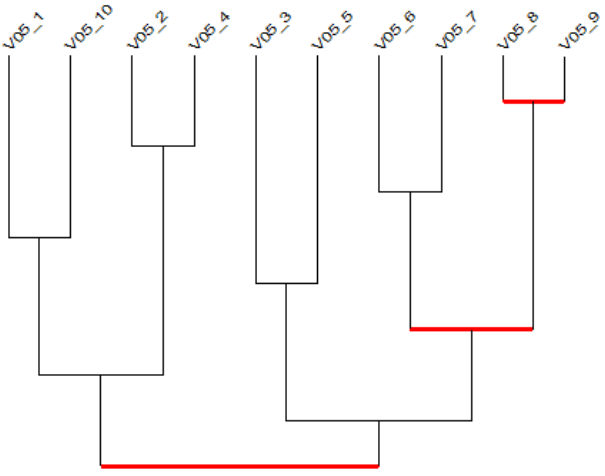


Figure 5 : Arbre de similarité entre les dix indicateurs

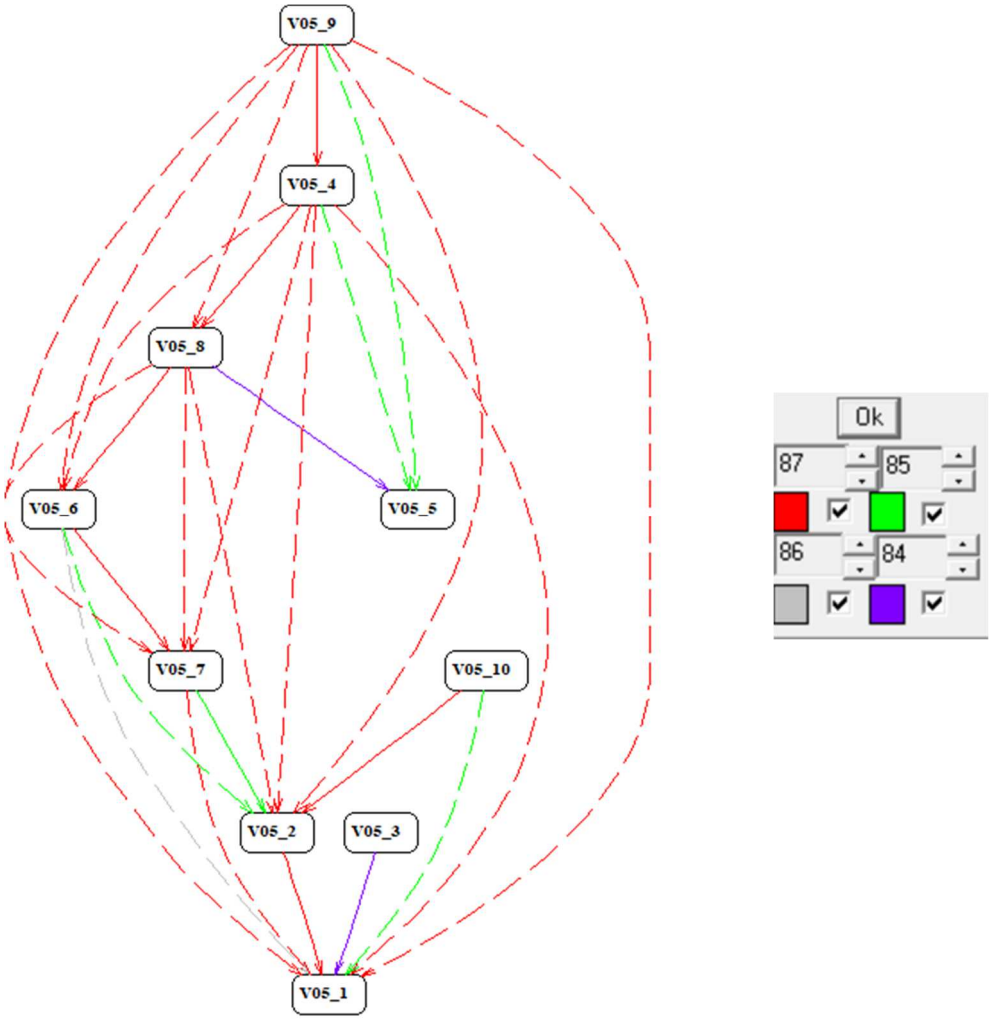


Figure 6 : Graphe implicative des dix indicateurs

5.5 Réflexion selon notre analyse ci-dessus

En liant le Tableau 6, les Figure 5 et Figure 6, les résultats nous disent qu'à part l'indicateur de conscience culturelle et l'impartialité à traiter les événements, il existe un lien étroit entre les autres indicateurs. La corrélation de conscience culturelle (existence de différences culturelles dans la communication entre l'Université du Nord-Est et les étudiants étrangers) et l'impartialité à traiter les événements sont relativement basses, et nous avons essayé d'en rechercher les causes qui pourraient être les suivantes : Premièrement, la conscience culturelle des différents groupes est diversifiée, ainsi les réponses des étudiants étrangers de l'Université du Nord-Est a été différente de ce que nous prévoyions. Deuxième, la compréhension de ces deux questions sont difficiles concernant la communication interculturelle. Pour ces étudiants étrangers, d'un côté, ils pensent qu'il doit certainement exister un écart culturel pendant qu'ils communiquent avec leur responsable éducatif puisque quelquefois, ils pensent que le responsable éducatif ne les comprend pas et que le respect dû à des étudiants étrangers est absent, ainsi il manque l'impartialité de traiter l'évènement et de l'autre côté, les étudiants étrangers pensent qu'il n'existe pas d'écart culturel puisqu'ils respectent bien, à leurs yeux, le règlement universitaire et que, le responsable éducatif étant professeur, il n'y pas

de grandes différences identitaires entre les professeurs de leurs pays natals et les responsables éducatifs de l'Université du Nord-Est.

Informations
Fr¨¦quence de
Coefficient de
Indice
Valeur

	vol_com	att_com	impar_eve	ecoute	stab_com	plani_com	stipu_com	divers_moy_com	freq_com	conso_cul_ee
vol_com		0.63	0.54	0.63	0.49	0.56	0.61	0.57	0.51	0.44
att_com			0.39	0.73	0.61	0.56	0.60	0.66	0.55	0.53
impar_eve				0.42	0.38	0.39	0.47	0.34	0.25	0.18
ecoute					0.65	0.63	0.67	0.69	0.58	0.35
stab_com						0.58	0.56	0.62	0.52	0.45
plani_com							0.75	0.71	0.68	0.37
stipu_com								0.64	0.56	0.25
divers_moy_com									0.69	0.43
freq_com										0.31
conso_cul_ee										

Tableau 6- Coefficient de Corrélation entre les dix indicateurs

En addition de l'analyse faite ci-dessus, nous voulons rajouter une remarque que, parmi ces dix indicateurs, les deux indicateurs (V05_9 et V05_8) ont une corrélation logique. Dans la Figure 7, Au premier niveau de la hiérarchie, on remarque que la classe (V05_9, V05_8) est créée. Elle représente le fait que la variable « Fréquence de communication » implique la variable « Méthodes diversifiées » avec une intensité plus forte que tous les autres couples de variables. Il est évident que, plus on a des plages de communication avec les étudiants étrangers, plus les moyens de communication utilisés par le responsable éducatif sont diversifiés.

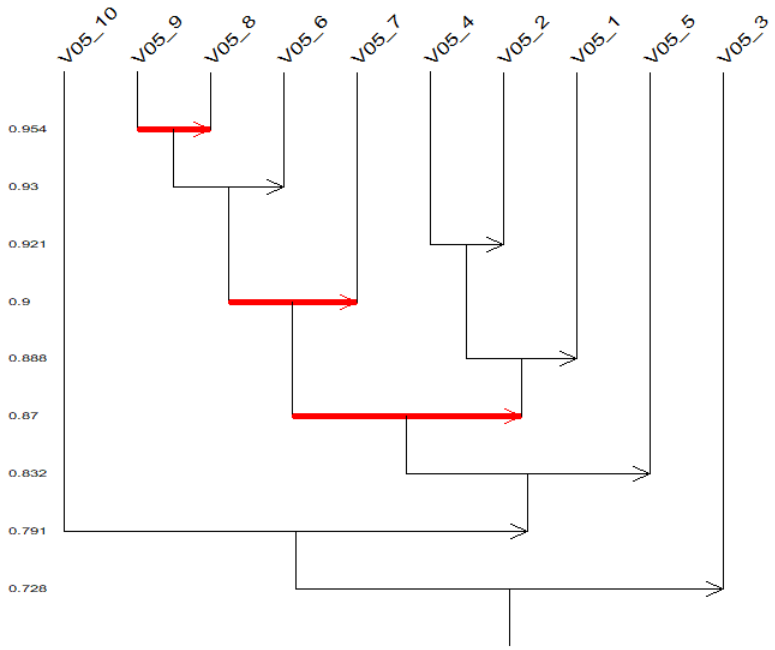


Figure 7- La hiérarchie cohésive des dix indicateurs

6 Conclusion

A travers ce travail de recherche, nous avons pu voir qu'un bon responsable éducatif doit, communiquer souvent avec les étudiants étrangers, chercher à adapter sa façon de communiquer à ses étudiants et chercher à améliorer ses compétences en communication

interculturelle afin de pouvoir répondre aux différents besoins de chacun de ses étudiants, l'objectif étant que ces derniers puissent arriver à mieux communiquer avec lui. D'après les chapitres précédents, nous pouvons faire le constat que l'évaluation sur la volonté de communiquer est élevée, et que l'évaluation sur la fréquence de communication et sur la conscience culturelle est en raison inverse. Mais la perception qu'ont les étudiants étrangers sur la fréquence de communication et sur la conscience culturelle est controversée. Pour améliorer la compétence en communication interculturelle, le responsable éducatif doit non seulement faire attention à la différence de culture entre lui et ses étudiants mais aussi pouvoir réussir à résoudre tous leurs problèmes en intégrant leurs aspirations spirituelles de même que leur psychologie. Dans toute communication interculturelle, si une compréhension culturelle réciproque entre le récepteur et l'émetteur n'est pas respecté, l'un ne comprendra pas la culture de l'autre, et cela aboutira directement à l'échec de la communication.

Deux parties essentielles constituent ce travail. Tout d'abord, une recherche sur le terrain dont le but était la récupération de données puis, une phase de traitement de ces données, incluant leur analyse et des comparaisons interculturelles. Ce travail nous' a permis, en outre, de nous familiariser avec le processus de la recherche. Nous avons eu l'opportunité d'appliquer les méthodologies de recherche quantitative et qualitative, à savoir respectivement le questionnaire, et les méthodes d'analyse des données telles que l'« Echelle de Likert » et l'utilisation du logiciel CHIC v7. Nous avons pu ensuite analyser les données en nous appuyant sur des outils statistiques afin d'en obtenir une analyse plus fine et plus précise.

Cette recherche nous a permis également d'en savoir davantage sur la communication ainsi que la communication interculturelle dans le domaine du management interculturel d'un établissement universitaire. Les théories sociologiques concernant la compétence et la communication m'ont aidée à trouver les différents rouages impliqués dans le processus de la communication interculturelle. Les théories linguistiques et psycholinguistiques m'ont permis, quant à elles, d'interpréter les compétences en communication interculturelle et d'y voir plus clair dans la façon dont l'attitude du responsable éducatif, les différences culturelles et les moyens divers de communication pouvaient influer sur le processus de communication entre le responsable éducatif et ses étudiants.

De plus, en nous appuyant sur ces théories, nous avons pu procéder à plusieurs comparaisons sur les données de différents étudiants et voir en même temps si les méthodes de communication utilisées par le responsable éducatif, à l'Université du Nord-Est, correspondaient bien à leur attente et à leurs besoins. Dans cette recherche, nous avons utilisé une méthodologie quantitative afin d'obtenir le plus d'informations possibles. L'utilisation de diagrammes et de tableaux nous a permis d'effectuer plusieurs comparaisons fines.

Cependant, comme les étudiants coréens ne maîtrisaient pas bien l'anglais et le chinois, nous n'avons pas pu trouver suffisamment d'étudiants coréens pour répondre à notre questionnaire, les données collectées ne pourront donc pas être généralisées, (en 2017, à l'Université du Nord-Est, il n'y avait que 193 Coréens) et elles ne serviront que de références dans l'étude de l'amélioration de la compétence du responsable éducatif en communication interculturelle dans son management quotidien

Références

[1] Bochner, A.P.& Kelly, C.W.(1974). Interpersonal competence: Rational, philosophy, and implementation of a conceptural framework. *Speech Teacher*.

[2] Cuche, D. (2010). *La notion de culture dans les sciences sociales* (4e édition). Paris: la Découverte.

[3] Getter & Nowinski (1981) Interpersonal Problem-Solving Assessment Technique, *IPSAT*

[4] Hall, E. T., Hatchuel, M.-H., & Graëve, F. (1979). *Au-delà de la culture*. Paris: Éditions du Seuil.

[5] Holland, J. L., & Baird, L. L. (1968). An Interpersonal Competency Scale. *Educational and Psychological Measurement*, 28(2), 503‑510.

[6] Hymes, D. H., Mugler, F., & Coste, D. (1991). *Vers la compétence de communication.* Paris: Didier.

[7] Li Yingjun (2008). La reflexion sur le management interculturel des étudiants étrangers. (外国留学生教育管理工作的跨文化思考). Volume 10-2

[8] Meier, O. (2016). *Management interculturel: stratégie, organisation, performance* (6e édition [actualisée et enrichie]). Paris: Dunod.

[9] Rabassó, C. A., & Rabassó, F. J. (2007). Introduction au management interculturel: pour une gestion de la diversité. Paris: Ellipses.

[10] Rabassó, C. A., & Rabassó, F. J. (2015). Introduction au management interculturel: pour une gestion de la diversité (2e édition). Paris: Ellipses.

[11] Ranjard, Sophie. Pratiques et attentes des publics des médiathèques *Bulletin des bibliothèques de France (BBF)*, 2000, n° 5, p. 102-107. Disponible en ligne: <http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2000-05-0102-001>. ISSN 1292-8399.

[12] Regnier, J.-C. (2003). *Approche méthodologique de l'enquête par questionnaire et statistique* : DEA et doctorat de sciences de l'éducation, DEA didactique & interactions. Lyon: ISPEF.

[13] Spitzberg,B. H.,& Cupach, W. R. (1984). *Interpersonal communication competence*. Beverly Hills : Sage.

[14] Triandi. H. C. (1977) *Interpersonal behavior*. Monterey, CA: Brooks/Cole

[15] Wang Gengyu, (2010). Rapport de relation interculturelle des étudiants étrangers (高校留学生校园跨文化人际交往调查报告). L'étude du management interculturel des étudiants étrangers (外国留学生工作研究), volume 3, p86.

[16] Wiemann, J.M. (1977). Explication and test of model of communication competence. *Human Communication Research*.

[17] Wiemann, J.M. & Backlund, P. (1980). Current theory and research in communicative competence. *Review of Education Research*.50,186199

[18] Windmüller F. (2011). Français langue étrangère : l'approche culturelle et interculturelle. Paris : Belin

Annexe 1

QUESTIONNAIRE 1- Questionnaire de sondage sur la satisfaction des étudiants

您的身份：1、本科 2、硕士 3、博士

Votre statut : 1 Licence 2 Master 3 Doctorat

请在画"√"Crochez "√" pour votre choix

调查内容 contenu	Tout à fait satisfait	Bien satisfait	Normal	Pas satisfait	Très insatisfait
开学报到注册的服务 Service enregistré au début de chaque semestre	132 63.77%	61 29.47%	13 6.28%		1 0.48%
学院组织的开学典礼 La cérémonie d'ouverture organisée par l'École des échanges internationaux	104 49.52%	76 36.19%	23 10.95%	6 2.86%	1 0.48%
住宿的安排 dispositions pour l'hebergement	67 32.84%	77 37.75%	40 19.61%	16 7.84%	4 1.96%
学校留学生公寓的设施 Équipements pour des appartements d'étudiants internationaux	62 32.12%	76 39.38%	44 22.80%	8 4.15%	3 1.55%
学校留学生公寓的服务 Service à l'appartement étudiant international	65 32.83%	76 38.38%	48 24.24%	4 2.02%	5 2.53%
学校留学生公寓公共空间的卫生、整洁 Hygiénique des espaces publics à l'appartement étudiant international	40 20.10%	65 32.66%	59 29.65%	26 13.07%	9 4.52%
学校食堂的饭菜 repas de cantine	34 19.43%	64 36.57%	59 33.71%	10 5.71%	8 4.57%

学校教室的教学设备、图书馆、体育场等硬件配置 Matériel d'enseignement en classe, bibliothèques, stades et autres configuration matérielle	98 47.80%	75 36.59%	26 12.68%	6 2.93%	0 0.00%
学校的校园安全 État de la sécurité du campus	123 60.59%	65 32.02%	13 6.40%	2 0.99%	0 0.00%
对浑南校区的校车安排 Dispositif de navette pour Campus Hunnan	85 46.45%	54 29.51%	32 17.49%	9 4.92%	3 1.64%
国际交流学院工作人员的服务态度 Attitude de service des agents au bureau des étudiants étrangers	119 58.62%	55 27.09%	20 9.85%	4 1.97%	5 2.46%
国际交流学院工作人员的服务方式 Méthode de service des agents au bureau des étudiants étrangers	109 53.69%	72 35.47%	14 6.90%	4 1.97%	4 1.97%
留学生负责老师对你生活的指导帮助 Les conseils et l'aide que les enseignants offrent dans votre vie	100 49.50%	69 34.16%	23 11.39%	4 1.98%	6 2.97%
你所学习学院对留学生的指导帮助 Conseils offerts par votre école académique	75 37.31%	83 41.29%	31 15.42%	9 4.48%	3 1.49%
中国同学对你学习的帮助 Comment les étudiants chinois vous aider dans votre étude	52 26.00%	54 27.00%	57 28.50%	25 12.50%	12 6.00%
Comment les étudiants chinois vous aider dans votre vie quotidienne	52 26.26%	53 26.77%	67 33.84%	16 8.08%	10 5.05%
各国留学生之间的关系 La relation entre les étudiants internationaux	66 33.00%	88 44.00%	38 19.00%	7 3.50%	1 0.50%
东北大学汉语补习的质量 La qualité du cours chinois dans NEU	86 43.00%	71 35.50%	35 17.50%	6 3.00%	2 1.00%
学校的选课方式 Que pensez-vous de la méthode de sélection les cours dans NEU	72 36.36%	79 39.90%	42 21.21%	4 2.02%	1 0.51%
老师的教学方式 Méthode d'enseignement de l'enseignant	79 39.90%	73 36.87%	41 20.71%	4 2.02%	1 0.51%
期末考试成绩的认定 Détermination des résultats de l'examen final	66 33.85%	83 42.56%	39 20.00%	6 3.08%	1 0.51%
指导老师的指导 Instruction de votre superviseur	88 46.81%	60 31.91%	32 17.02%	4 2.13%	4 2.13%
组织各类活动的次数 La fréquence de l'organisation d'activités	63 32.47%	72 37.11%	44 22.68%	11 5.67%	4 2.06%
各类活动的质量 La qualité des différentes activités	58 29.59%	85 43.37%	40 20.41%	9 4.59%	4 2.04%
奖学金年度评审制度 Système d'examen annuel pour les étudiants boursiers	81 42.86%	83 43.92%	16 8.47%	7 3.70%	2 1.06%
奖学金年度评审方式 Méthode d'examen annuel pour les étudiants boursiers.	100 49.75%	80 39.80%	16 7.96%	3 1.49%	2 1.00%
L'ensemble du travail de l'École des échanges internationaux	102 51.78%	66 33.50%	27 13.71%	1 0.51%	1 0.51%

Annexe 2

Questionnaire 2- Les compétences du responsable éducatif en communication interculturelle à l'Université du Nord-Est

Les compétences du responsable éducatif en communication interculturelle à l'Université du Nord-Est

Ce questionnaire vous demande d'exposer votre situation en ce qui concerne la communication à l'Université du Nord-Est afin de connaître vos desiderata en matière de communication efficace avec les responsables éducatifs dans le bureau des étudiants étrangers. Il ne s'agit pas d'un test. Nous ne voulons que votre opinion. Nous vous remercions de votre collaboration.

1. Votre sexe [单选题] [必答题]

- ○ masculin
- ○ féminin

2. Votre nationalité [填空题]

_____

3. Votre niveau scolaire [单选题] [必答题]

- ○ licence
- ○ master
- ○ doctorat
- ○ étudiants en langue

4. Donnez votre avis sur la communication entre les étudiants étrangers et les gestionnaires de l'Université du Nord-Est, comme les professeurs dans l'International Student Office, les dirigeants, les superviseurs, etc.

5. Quels sont les facteurs qui, selon vous, peuvent contribuer à rendre plus efficace la communication, à l'exception de la langue, au cours de vos études à l'Université du Nord-Est ?

6. Quelle est, à votre avis, la meilleure façon de communiquer ?

8. Choisissez un seul degré (de 1 à 5) marquant votre accord ou votre désaccord (total ou partiel) parmi les énoncés suivants.

1= Tout à fait en désaccord; 2= En partie en désaccord; 3=Pas d'accord; 4= En partie d'accord; 5=Tout à fait d'accord

1) L'Université du Nord-Est met tout en œuvre pour qua la communication se passe bien avec les étudiants étrangers._____

2) Les étudiants étrangers ont souvent l'occasion de communiquer directement avec le responsable éducatif de l'Université du Nord-Est._____

3)Le traitement des événements concernant les étudiants étrangers de l'Université du Nord-Est est impartial_____

4) L'Université du Nord-Est est disposée à écouter les commentaires formulés par les étudiants étrangers. _____

5) Les nouvelles mesures de la gestion des étudiants étrangers prises par l'Université du Nord-Est ont été atténuées. _____

6) L'Université du Nord-Est a planifié sa communication avec des étudiants étrangers. ____

7) Des informations concises et pertinentes sont communiquées de l'Université du Nord-Est aux étudiants étrangers. _____

8) Il existe une variété de canaux de communication entre l'Université du Nord-Est et les étudiants étrangers. _____

9) L'Université du Nord-Est communique fréquemment avec les étudiants étrangers. _____

10) Il existe des différences culturelles dans la communication entre l'Université du Nord-Est et les étudiants étrangers. _____

9. À votre avis, les facteurs suivants interagiront-ils dans votre communication avec le responsable éducatif au Bureau étudiant international ?

	Pas du tout important	Peu important	Normal	Assez important	Très important
Compétences linguistiques étrangères du responsable	○	○	○	○	○
Attitude du service	○	○	○	○	○
Différence de culture minimale entre vous et le responsable éducatif	○	○	○	○	○
Relation avec votre professeur (respectif ou approprié)	○	○	○	○	○
Efficacité du travail du responsable éducatif	○	○	○	○	○
Outils de communication modernes (WeChat, Système Laihua)	○	○	○	○	○

10. Lorsque le responsable de bureau donne une information, quelle méthode pensez-vous être la plus facile pour recevoir cette information? (Comprendre le sens et maîtriser la clé) [单选题] [必答题]

○ Communication verbale
○ Expression écrite ou communication non verbale (vue, geste etc.)
○ Par WeChat

11. Quel genre d'activités voulez-vous que l'Office International Student organise pour vous ? [单选题] [必答题]

○ Activités culturelles d'échanges internationaux

○ Activités sur la culture chinoise ou la civilisation

○ Toutes les deux citées ci-dessus
○ D'autres activités _____ *

12. Lorsque vous recevez une information ou des renseignements du Bureau des étudiants étrangers, en tenez-vous immédiatement compte et réagissez-vous rapidement ? [单选题] [必答题]

○ Oui
○ Non

13. Lequel des éléments suivants est-il la raison pour laquelle vous ne pouvez pas participer à des activités ou d'effectuer un avis ? [单选题] [必答题]

○Je ne peux pas recevoir l'information à temps

○Je ne peux pas comprendre le contenu de l'information
○En général, je ne fais pas attention aux informations

○ Dans la plupart des cas, je pense que l'information ne me concerne pas
○ En raison des différences culturelles ou des différences institutionnelles, je pense que l'information n'est pas raisonnable

14. Pensez-vous que les outils technologiques modernes de communication sont efficaces dans les échanges entre les étudiants étrangers et les responsables éducatifs du Bureau des étudiants internationaux? [矩阵单选题] [必答题]

	Pas du tout utile	Peu utile	Normal	Assez utile	Très utile
WeChat	○	○	○	○	○
System Laihua	○	○	○	○	○

CONTEXTOS NARRADOS PELA ANÁLISE ESTATÍSTICA IMPLICATIVA: UM MODELO DE EXTRAÇÃO CONHECIMENTO DA COGNIÇÃO SOCIAL PARA CHATBOT DE CIDADES INTELIGENTES

Viviani RIOS KWECKO[1], Fernando PEREIRA DE TOLEDO[2], Gabriel MORAES[3], Mauren PORCIUNCULA[4], Silvia SILVA DA COSTA BOTELHO[5]

CONTEXTES NARRÉS PAR L'ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE : UN MODÈLE D'EXTRACTION CONNAISSANCE DE LA COGNITION SOCIALE POUR CHATBOT OF INTELLIGENT CITIES

CONTEXTS NARRATED BY IMPLICATIVE STATISTICAL ANALYSIS: AN EXTRACTION MODEL KNOWLEDGE OF SOCIAL COGNITION FOR CHATBOT OF INTELLIGENT CITIES

RESUMO

Este artigo apresenta um modelo de extração de conhecimento que visa estabelecer padrões de intervenções reflexivas para ChatBots em meio a sites redes sociais digitais, a fim de apoiar processos de cognição social em Cidades Inteligentes. Para tanto, propomos uma "Batea" (sistema) de extração de inteligência social desenvolvida a partir de três etapas: (i) na primeira são utilizadas diferentes técnicas de mineração de dados e Deep Learning para escuta do cidadão através de um modelo de classificação, análise do sentimento e extração dos termos representativos de um conjunto de postagens extraídas da rede social Facebook; (ii) na segunda etapa, prodedece a organização dos contextos narrados com a exploração e associação dos conteúdos através de uma Análise Estatística Implicativa (A.S.I.); e (iii) na terceira e última etapa, essas associações são objetivadas e ancoradas de forma a constituírem uma representação social a ser problematizada como reflexões coletivas mediadas tecnologicamente por um chatBot denominado Falameu. Como resultado obtemos os níveis de similaridade e a qualidade de associação entre os termos representativos por eixo e polaridade de sentimento expressos em conjuntos de postagens relacionadas aos eixos de inteligência da cidade. Bem como, o design de detecção de intenção de entrada de cada conjunto de postagens classificadas quanto ao eixo e a polaridade, associando esse resultado aos padrões utilizado pelo Bot aos contextos estabelecidos pela (A.S.I.). Para o futuro, o ChatBot será implementado em um grupo da rede Social Facebook.

Palavras-chave: *Modelo de extração de conhecimento, Chatbot, Mineração de dados, Deep Learning, Análise Estatística Implicativa (A.S.I.)*

RÉSUMÉ

Cet article présente un modèle d'extraction de connaissances visant à établir des schémas d'interventions réflexives pour les ChatBots parmi les sites de réseaux sociaux numériques afin de soutenir les processus de cognition sociale dans les villes intelligentes. Pour ce faire, nous proposons un "Batea" (système) d'extraction d'intelligence sociale développé à partir

[1] Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS, Rua Eng. Alfredo Huck, 133 - Vila Santa Tereza, Rio Grande - RS, 96201-460, viviani.kwecko@riogrande.ifrs.edu.br

[2] Universidade Federal do Rio Grande - FURG, ftoledo@furg.br

[3] Universidade Federal do Rio Grande - FURG, g.moraes@furg.br

[4] Universidade Federal do Rio Grande - FURG, mauren@furg.br

[5] Universidade Federal do Rio Grande - FURG, silviacb@furg.br

de trois étapes: (i) différentes techniques d'extraction de données et Deep Learning sont utilisés pour écouter le citoyen à travers un modèle de classification, analyse du ressenti et extraction de termes représentatifs à partir d'un ensemble de messages extraits du réseau social Facebook; (ii) dans un deuxième temps, l'organisation des contextes narrés avec l'exploration et l'association de contenus via une analyse statistique Implicative (A.S.I.); et (iii) dans la troisième et dernière étape, ces associations sont objectivées et ancrées afin de constituer une représentation sociale à problématiser en tant que réflexions collectives sous la médiation d'un chatBot appelé Falameu. Nous obtenons ainsi les niveaux de similitude et la qualité d'association entre termes représentatifs par axe et sentiment de polarité exprimés dans des ensembles de postes liés aux axes de l'intelligence urbaine. En outre, la conception de la détection de l'intention d'entrée de chaque ensemble de publications classées quant à l'axe et à la polarité, associant ce résultat aux normes utilisées par le Bot aux contextes définis par (A.S.I.). À l'avenir, ChatBot sera implémenté dans un groupe Facebook social.

Mots-clés : *Modèle d'extraction de connaissances, chatbot, exploration de données, l'apprentissage en profondeur, Analyse statistique implicite.*

ABSTRACT

This article presents a knowledge extraction model that aims to establish patterns of reflexive interventions for ChatBots among digital social networking sites in order to support processes of social cognition in Smart Cities. To do so, we propose a "Batea" (system) of social intelligence extraction developed from three stages: (i) in the first are used different techniques of data mining and Deep Learning to listen to the citizen through a classification model, sentiment analysis and extraction of representative terms from a set of posts extracted from the social network Facebook; (ii) in the second stage, it proposes the organization of contexts narrated with the exploration and association of content through a Implicative Statistical Analysis (A.S.I.); and (iii) in the third and final stage, these associations are objectified and anchored in order to constitute a social representation to be problematized as collective reflections mediated by a chatbot called Falameu. As a result, we obtain the levels of similarity and the quality of association between representative terms by axis and sentiment polarity expressed in sets of posts related to the axes of city intelligence. As well as, the design of detection of input intent of each set of classified posts as to the axis and polarity, associating this result with the standards used by the Bot to the contexts established by (A.S.I.). For the future, ChatBot will be implemented in a Social Facebook group.

Keywords : *Knowledge extraction model, chatbot, Data Mining, Deep Learning, Implicit Statistical Analysis.*

1 Introdução

Um ChatBot é um agente de conversação que interage com os usuários em um determinado domínio/tópico por meio de uma comunicação baseada em linguagem natural Huang et al. (2007). Normalmente, esta comunicação ocorre no momento em que um usuário efetua um questionamento ou comentário e o Chatbot atua respondendo. Segundo Abdul-Kader et al. (2015), a criação de um pacote de software Chatbot requer a identificação de três componentes: o i) Responder, que representa a interface entre o usuário e às rotinas do núcleo, atuando entre a transferência de dados do usuário para o Classifier e a entrega da resposta do bot ao usuário; o ii) Classifier, é responsável pela filtragem e normalização das entradas dos usuários transformando-as em componentes lógicos. As sequências de caracteres normalizadas são então transferidas para o Graphmaster. O Classifier também processa a saída do Graphmaster, bem como as várias instruções da Linguagem Artificial para Marcação de Inteligência (AIML); e o iii) Graphmaster, é responsável pela organização e armazenamento gráfico da base de

conteúdo. O Graphmaster manipula o processo de correspondência de padrões, que envolvem um algoritmo avançado de árvore de busca.

No entanto, existe um fator limitante para o desenvolvimento da plataforma Chatbot. Estes pacotes de software necessitam do mapeamento de uma base de conhecimento apropriada, tendo sucesso apenas quando identificam expressões de um usuário e organizam uma resposta adequada. Isto significa a necessidade de obter um conjunto de modelos para corresponder às entradas do usuário e a geração das respostas pelo sistema. Atualmente, os modelos adotados são codificados a partir de arquivos de texto, bancos de dados e ou arquivos XML Reshmi (2016). Isto posto, o processo de desenvolvimento de bases de conhecimento de um chatbot torna-se demorado e de difícil adaptação a novos domínios, devido a dificuldades (sentimento associado, ambiguidade, análise semântica, análise sintática, vocabulário) relacionadas ao processamento de linguagem (Braun, 2017).

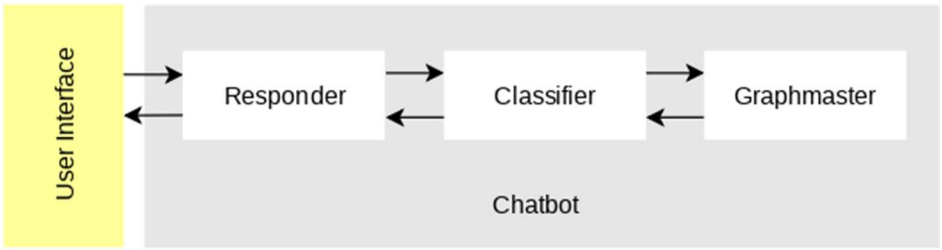


Figura 1 - Componentes de chatbot - adaptada de Abdul-Kader, et al (2015) Fonte: Autores/ pesquisa

Todos os dias, usuários do *Twitter*[6], *Instagram*[7] e *Facebook*[8] produzem um enorme volume de dados. Em qualquer momento e lugar, milhões de pessoas estão *tuitando* (escrevendo e postando) sobre o que estão fazendo, onde estão indo e como estão se sentindo. A observação desse comportamento tem conduzido inúmeras pesquisas no campo da análise de redes sociais, reunindo diferentes áreas do saber, notadamente da Computação Social, da Psicologia, da Antropologia e da Educação que buscam compreender a constituição desse novo "tecido social" (Scott and Carrington, 2011) de comunicação.

Para Golder e Macy (2012) as mídias digitais oferecem oportunidades para as pesquisa em ciências sociais, por representar uma fonte conveniente de dados sobre as opiniões, interações e comportamentos dos usuários, se constituem em espaços de exploração decorrente de algoritmos de minaração e entendimento de redes de dados sociais em grande escala. Essas características tem despertado o interesse de muitos pesquisadores que buscam entender, por exemplo, as **relações sociais e o comportamento (**Brickman Bhutta, 2012), (Golder e Macy, 2011), (Heaivilin et al., 2011), (Lowe et al., 2012), (Naaman et al., 2011), (Reips e Garaizar, 2011), (Yardi e Boyd, 2010); os comportamentos e atitudes sociais (Belli et al., 1999), (Holbrook e Krosnick, 2009), (Janus, 2010), (Tourangeau e Yan, 2007); **as experiências coletivas com base em um evento oportuno** (Cassa et al., 2013), (Sutton et al., 2012); **a coleta de grandes quantidades de dados sobre populações de difícil acesso** (Koepfler e Fleischmann, 2012); **o mapeamento de mudanças de humor e outros sentimentos**

[6] https://twitter.com/
[7] https://www.instagram.com/
[8] https://facebook.com/

(Diakopoulos e Shamma, 2010), (Golder e Macy, 2012), (Naaman et al., 2011), (Reips e Garaizar, 2011), (Yardi e Boyd, 2010); **o potencial das redes sociais para a produção de inteligência da cidade** (Castells, 2017); e a **auto-percepção da experiência de usuários** (Kwecko, 2018).

Independente do espectro de investigação, ao reunirmos os resultados desse conjunto de estudos, aproximamos do que Naaman et al. (2011) identificou como "consciência social". Ou seja, esses dados humanos organicamente criados e automaticamente arquivados permitem a observação (pesquisadores) do que as pessoas estão fazendo, dizendo e como elas se sentem em relação a fatos e pensamentos. Porém muito pouco dessa "consciência social", ou se preferir dessa informação qualificada pela análise dos pesquisadores, retorna as redes sociais digitais de forma a (re)interagir com os usuários que inicialmente a produziram.

Nossa proposta representa um elo de conexão entre a prática cotidiana dos usuários nas redes sociais digitais e os indicadores de inteligência de uma cidade gerenciados pelos gestores públicos (figura 2). A potência participativa das redes necessita ser considerada, mesmo que por hora esteja associada a relações de poder e de manipulação das "Fakes". O desafio é entender os pontos de convergência e divergência entre essa cidade vivida cotidianamente pela população e a cidade narrada nas redes sociais digitais, de forma que esse conhecer possa ser utilizado para (re)organizar e (re)problematizar as opiniões da população, gerando novos (re)conhecimentos sociais.

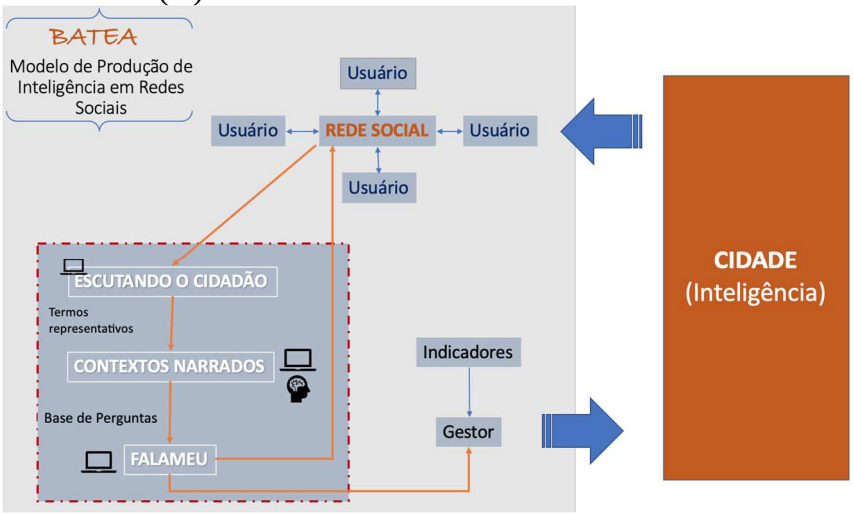


Figura 2 - Modelo de produção de inteligência em redes sociais Fonte: Autores/ pesquisa

Contudo, a dificuldade em analisar dados extraídos das redes sociais digitais encontra-se associada a obtenção não estruturada da opinião cotidiana da população nas redes sociais. Ou seja, as pessoas postam opiniões sobre tudo, em todos os grupos nos quais circulamos ao navegar pela internet. Sendo assim, propomos um modelo para implementação de componentes, para intervenção de Chatbot a partir das seguintes etapas: (i) **escuta do cidadão, processos de** classificação, detecção de padrões a partir de modelos de mineração de dados e Deep Learning; (ii) **contextos narrados,** estruturação de contexto através da Análise Estatística Implicativa (A.S.I.) para compreender o conteúdo coletivo das opinioes de modo a gerar uma base de conhecimento para intervenções (Top-N <intenções de entrada>) para o chatbot.

Este artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: na seção dois são descritos conceitos e modelos que embasaram o desenvolvimento da proposta; na seção três são apresentados os métodos adotados para sua execução; na seção quatro são apresentadas

as discussões e por fim, na seção 5 são apresentadas as considerações referentes à pesquisa.

2 Uma Batea[9] para a Inteligência Social

Buscamos ouvir coletivamente o cidadão, identificar quais termos estão presentes nessas falas, compreender como estes termos se organizam em representações sociais de contextos e desenvolver indagações capazes de promover a consciência social. O que desejamos é transformar a opinião em conhecimento social de senso comum. E nada mais comum à todos, que as questões que envolvem o futuro das cidades, o enfrentamento dos desafios e as oportunidades para melhoria da qualidade de vida.

Para representar uma cidade inteligente um dos índices mais aplicados é o *European Smart Cities* (2016), metodologia que descreve a inteligência através de seis características (economia inteligente, pessoas inteligentes, governança inteligente, mobilidade inteligente, meio ambiente inteligente, vida inteligente), 31 fatores e 74 indicadores. No Brasil, a Urban Systems, apresenta o Ranking Connected Smart Cities que verifica o nível de inteligência de uma cidade a partir de 11 eixos, (mobilidade, urbanismo, meio ambiente, energia, tecnologia e inovação, economia, educação, saúde, segurança, empreendedorismo e governança) e 73 indicadores. Outras iniciativas vêm sendo consideradas, como por exemplo, IESE Cities in Motion (Iese Business School; University of Navarra, 2014); o projeto "Brasil 2030: Cidades inteligentes e humanas", coordenado pela Rede Brasileira de Cidades Inteligentes e Humanas em parceria com a Frente Nacional de Prefeitos, que considera a verificação de 4 eixos (Governança e Arquitetura, Urbanismo e Antropologia, Tecnologia e Segurança) e 205 indicadores; e os estudos do brasileiro Afonso et al. (2003) que propõe, para além dos indicadores, a constituição de um índice de maturidade para cidades inteligentes.

Nas cidades os interesses e as demandas dos cidadãos emergem de diferentes canais disponibilizados para emissão de sua opinião como *e-mails*, ouvidorias, portais de reclamação e mídias sociais. Descobrir a opinião pública é um fator a ser considerado para a orientar o poder público em sua relação com a participação cidadã, o planejamento urbano, as práticas de boa governança, a qualidade dos serviços, entre outros. Entretanto, faz-se importante diferenciarmos opinião pública que reúne uma coleção de ideias e valores, de uma representação social que congrega necessariamente um sistema sócio-cognitivo particular estruturado de informações, crenças, opiniões e atitudes Abric (2003). Ou seja, pode-se entender que a "opinião pública" constitui-se nessa grande quantidade de conteúdo subjetivo existente em documentos textuais na *Web*, enquanto que a "representação social" seria a organização e interpretação dessa informação.

A tarefa de compreender as representações sociais torna-se ainda mais complexa quando optamos por extrair e classificar a subjetividade em diferentes fontes de dados da *internet*. Em uma metáfora comparativa poderíamos imaginar um museu de Arte: seu acervo está totalmente etiquetado e organizado, mas não se pode ter uma ideia completa do significado daquilo tudo de uma forma automática, pois o mesmo encontra-se distribuído em ambientes. Os documentos de texto oriundos das redes sociais partem do

[9] Utensílio usado por garimpeiros para a mineração em pequena escala onde os sedimentos são separados em cursos de água e no qual se procede à agitação da mistura em um movimento circular. Tal agitação, conjugada com a diferença de densidade entre os minérios metálicos e os sedimentos restantes permite efetuar a separação.

mesmo princípio, sendo complexo enxergá-los em toda sua amplitude. Os dados não estruturados permitem a recuperação, porém limitam a abrangência de análise. As mensagens que se acumulam e transitam no meio digital derivam de sistemas simbólicos diferentes que, segundo Lévy (2014), interconectam-se somente devido aos seus sentidos, já que mantém difusas as camadas complexas de significados.

Dessa forma, esses dados podem ser utilizados para analisar os processos cognitivos das conversações em rede, de modo a extrair os conhecimentos produzidos na internet acerca dos fenômenos sociais e culturais narrados pela população Kwecko (2018). Batear a Web significa minerar seus dados a partir de uma combinação de técnicas para a descoberta de conhecimento. Durante o processo de mineração diversas técnicas são testadas, comparadas e combinadas a fim de que seja selecionada a melhor McCue (2014). Estas técnicascentram-se na transformação de um mapeamento de dados brutos em arranjos de informação compactos (relatórios, gráficos) que possibilitam identificar novos padrões válidos e potencialmente úteis Fayyad et al. (1996).

Nesta pesquisa desenvolvemos um Modelo para Mineração de Dados (de Postagens do *Facebook*) para Inferência da Inteligência do Território. O modelo baseia-se em i) classificação de padrões com base em técnicas de Aprendizado Profundo (*Deep Learning* - DL) e ii) análise da representação de contextos e visualização de diferentes percursos associativos nas publicações por meio da Análise Estatística Implicativa (A.S.I.) de modo a gerar uma base de conhecimento para intervenções (Top-N <intenções de entrada>) para o chatbot.

Deep Learning (DL) representa um conjunto de técnicas de machine learning Lecun (2015) baseadas em redes neurais, capazes de extrair e aprender de forma a "entender" os dados. O termo "*deep*" surgiu no contexto de que as redes neurais utilizadas para realizar esse aprendizado possuem múltiplas camadas, tornando-se redes profundas. Isso acontece, pois cada camada da rede é responsável por extrair determinadas características dos dados de entrada Goodfellow (2016). No contexto de processamento de texto, são capazes de prever Poplin et al. (2018), Jaganathan et al. (2019), classificar He et al. (2016), extrair contexto Hossain, et al. (2019), sentimento Zhang et al. (2018), O'Shea, et al. (2018), Chatterjee, et al. (2019), dentre outras aplicações Zhang et al. (2019).

A.S.I. por sua vez, corresponde a um método estatístico multidimensional aplicado à pesquisas qualitativas que busca uma análise hierárquica de similaridade ou semelhanças entre um conjunto de dados (Almeida et al.,2000). Segundo Couturier et al. (2004) essa abordagem permite ao pesquisador (i) extrair de um conjunto de dados regras de associação entre variáveis; (ii) fornecer um índice de qualidade de associação; e (iii) representar uma estruturação das variáveis obtida por meio destas regras. Para tanto utilizamos o software de Classificação Hierárquica Implicativa e Coesiva (Classification Hierarchique Implicative et Cohesitive - CHIC). No âmbito do mapeamento de concepções, a A.S.I vem sendo aplicada na Educação principalmente para análise do letramento estatístico (Giordano, 2019; Fotiadis e Anastasiadou, 2019), para verificação de processos de ensino e aprendizagens (Almeida Costa et al. ,2018) e de formação de professores (Rodrigues, 2018); quanto ao estudo do comportamento social dos indivíduos, esse modelo estatístico tem contribuído na identificação de padrões (Ritschard e Oris, 2019), (Anastasiadou e Papadaki, 2019), (Ono et al., 2014), para avaliação de modelos de recomendação (Candelaria et al., 2018), (Phan, et al., 2018) e na verificação do impacto do uso ferramentas tecnológicas (Rakotomalala et al., 2019).

Assim sendo, o conhecimento obtido com a ASI poderia ser integrado a mecanismos de chatbot, permitindo o processo de escuta/respostas. Através deste processo seria

possível gerar às indagações e ou conflitar o usuário de modo a promover a consciência social. Exemplos de *chatbots* podem ser aplicados nas áreas de saúde (Almeida Junior, 2017), entretenimento (Santana e Aranha, 2018), negócios (Vendrúscolo e Moré, 2018) e educação (Vieira e Lopes, 2010), (Graf et al., 2017), (Kuyven et al.). O *Citybot*[10]: a *chatbot* interface for a *smart city on Behance* é uma interface projetada para dispositivos móveis concentrada particularmente em tornar mais inteligente *Mumbai*, a mais importante cidade da Índia. A ideia-chave é construir uma cidade inteligente em torno das pessoas fazendo com que a cidade fale com a população, principalmente quanto a oferta de informações aos cidadãos.

No estudo acerca do Estado da Arte das pesquisas sobre *Chatbot* desenvolvido por (Sônego et al., 2018), identificamos duas pesquisas que se aproximam do nosso objeto de estudo. A publicação de (Tarau e Figa, 2004), denominada "*Knowledge-based conversational agents and virtual storytelling"*, foca em uma arquitetura direcionada a agentes conversacionais baseada em conhecimentos implantados como serviços na Internet. Outra referência é o trabalho de (Derrick et al., 2013) denominado "*Detecting deceptive chat-based communication using typing behavior and message cues"*. Neste artigo os autores analisam as mentiras em conversas com um *Chatbot*. O artigo de (Leonhardt, 2005) sobre "O uso de Chatbots como ferramenta para auxiliar no gerenciamento de uma rede de computadores, com o apoio do protocolo SNMP" apresenta a criação de Dorothy, habilitado para interagir tanto com o administrador da rede quanto com o protocolo SNMP. Esse *bot* tem o intuito de servir de apoio a usuários/administradores de rede menos experientes.

Greenpeace (2002) apresentou um estudo associado à criação de robôs baseados na personalidade "única e original" dos sujeitos, alimentando a base de regras com frases de autoria destas mesmas pessoas. Neste sentido ele criou o projeto John Lennon: Massachusetts Institute of Technology (2002), desenvolvendo um robô de conversação na web que parte da personalidade – e algumas frases – do guitarrista da banda britânica *The Beatles*. Além de um "*beatle cibernético*" Maggin também elaborou uma versão de *Jack*, o Estripador (2003), famoso assassino em série que atuou na periferia de Whitechapel (distrito de Londres) e arredores em 1888. Elizabeth Perreau desenvolveu o *ShakespeareBot* (2009) com finalidades educacionais, possibilitando que o visitante converse com o robô para conhecer sobre a vida e obra do famoso dramaturgo William Shakespeare, falecido no século XVII.

3 Procedimentos Metodológicos

O modelo, figura 2, produto desta proposta, foi desenvolvido com base nos conceitos antepostos nas seções acima. Seu desenvolvido ocorreu em duas etapas:

Etapa 1 - **Escutando o cidadão**: Aplicação de diferentes técnicas de mineração de dados através de um modelo de Deep Learning para classificação das postagens, análise do sentimento das postagens e extração dos termos representativos. Os termos aqui encontrados poderiam ser categorizados como sendo nossas N possíveis intervenções (<intenções de entrada>). Dessa forma teríamos um espaço muito grande de variáveis para mapear possíveis respostas, bem como não teríamos as relações expressas entre as variáveis. Neste sentido, conduzimos uma etapa.

[10] https://www.behance.net/gallery/50882425/CITYBOT-A-chatbot-interface-for-a-smart-city

Etapa 2- **Contextos Narrados**: Organização dos termos representativos em meta-categorias semânticas e posterior; exploração dos contextos específicos por meio da Análise Estatística Implicativa (A.S.I.) que processao grafo de Similaridade, a árvores implicativa e Coesitiva entre os termos representativos por eixo de inteligência da cidade e nos aspectos positivo, negativo e neutro de sentimento. Esse mapeamento permite extrair o conteúdo coletivo das opiniões de modo a gerar uma base de conhecimento para intervenções (Top-N <intenções de entrada>) para o chatbot. Resultando na identificação dos principais eixos e relações de discussão na cidade. Desta forma teríamos um espaço reduzido de intenções de entrada para elaboração de possíveis intervenções do chatbot.

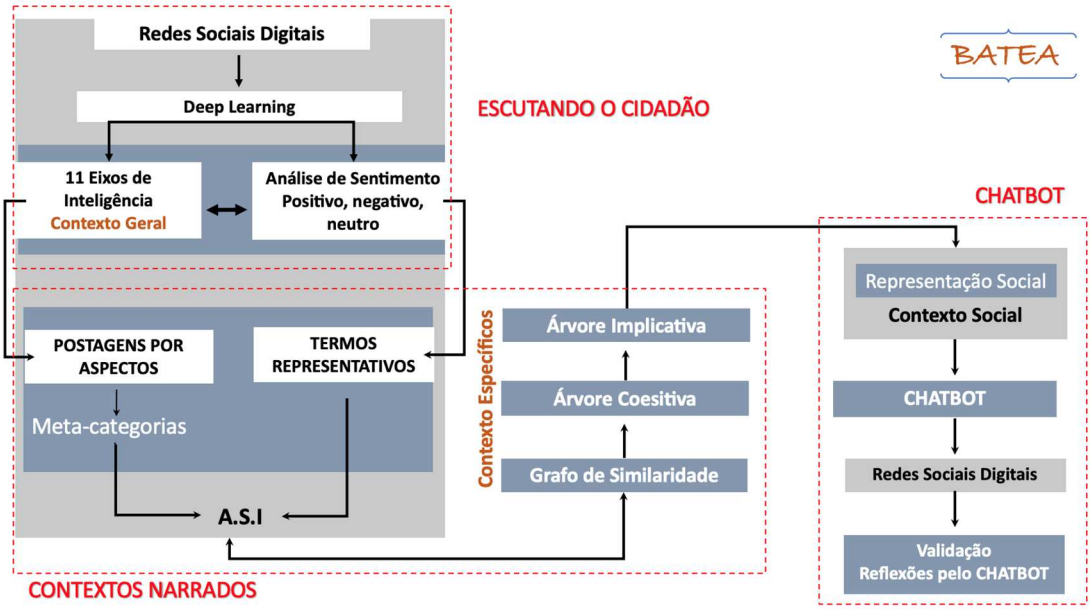


Figura 3: Detalhamento modelo de produção de inteligência em redes sociais Fonte: Autores/ pesquisa

Conforme pode ser observado, na fase de **Escuta do Cidadão** ocorre o pré-processamento das postagens, anotação dos dados e obtenção dos termos representativos, como um conjunto de técnicas e ferramentas de mineração capazes de inferir o grau de inteligência de um território a partir de postagens da referida rede social. Dessa forma, tornou-se necessária a utilização de várias técnicas que fazem parte do conjunto de ferramentas, procedimentos e algoritmos conhecidos como Mineração de Dados *(Data Mining)* que, por sua vez, faz parte de um processo conhecido como Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados *(Knowledge Discovery in Databases - KDD).* O procedimento de Mineração de Dados é um processo que pode ser aplicado a qualquer problema que requeira a identificação de padrões em dados Hand (2007). Como resultado, é possível obter a transformação de um mapeamento de dados brutos em arranjos de informação compactos que possibilitam a identificação de novos padrões válidos e potencialmente úteis para a configuração de referenciais preditivos de ações futuras. Nesse contexto, foi apresentado um modelo de rede neural profunda C-LSTM baseado em Zhou et al. (2015), utilizado para a classificação dos dados entre 11 categorias, além de permitir a extração da polaridade das postagens (utilizando o conceito de granularidade grossa[11]). A partir da categorização das postagens e da polaridade obtida, torna-se

[11] Classificação de polaridade em positivo e negativo

possível a sintetização dos termos representativos em cada eixo relacionado a inteligência da cidade.

Para a verificação da A.S.I. foram estabelecidos 32 conjuntos semânticos nomeados pelas seguintes meta-categorias: Gestor, Cidade, Comunicação, Secretarias, Didática, Capacitação; Escola, Universidade, Estudantes, Gênero, Atividades, Apoio, Avaliação, Educador, Infraestrutura, Cultura, Esporte, Divulgação, Currículo, Motivação, Tradição, Cultura Popular, Saúde, Ambiente, Inscrição, ONGs, Tempo, Cidadania, Festejos, Fomentos e não-classificados. A Tabela 1 apresenta as os termos representativos por meta-categoria de agrupamento. Essa organização auxilia a interpretação das contribuições, bem como permite a verificação da tipicidade do comportamento do conjunto da população, quando analisamos a hierarquia de similaridade para cada meta-categoria, ou seja, as variáveis suplementares.

Gestor: Dirigentes, secretário, diretores, coordenadoria, coordenação, servidores, coordenadores, representantes, coordenação-geral, diretoria, gerenciador, representante, representativa, liderança, conselho, politicagem, força-tarefa, assina, processo
Cidade: Município, urbano, rua, periferia, sociedade, globalização,
Comunicação: Dialogar, debate, conversa, diálogo, opinião, reflexão, projeção, doutrina, impressão, língua
Secretarias: SMED, SJN-RG, SMTP, SMTEL, MCRG, SMGA, SMCAS, JECIRG, CRAS, scult
Didática: adaptações, modalidades, ensino, abordagem, alteração, nível, planejamento, plano, utilize, elaboração, formato, estudo, ensinando, roteiro, organiza, alternativas, ênfases, diretivas, reuniões, reflexões, conclusões, impressões, caracterizações, segmentos, encampado, abrigado, experimentar, pedagógico, didatismo, letramento, pluridimensional, sócio-educativo, lúdico, praxi, ludicidade, papo-cabeça, divertimento, recreação, vivência, desatenção, desconstrução, artefato,
Capacitação: alfabetização, formação, orientação, qualificação, aperfeiçoamento, qualidade, contexto, profissional, superior, integração, dissociação
Escola: EMEF, CAIC, colégio, particulares, Turmas, aulas, vagas, abertas, rede, pública, gratuito.
Universidade: Instituições, faculdade, campus, FURG, IFRS, UFRGS, PROEN, estudantil, NEPE, Coperse, núcleos, ranking, posições, SINSC, SEST, SENAT, SESI, Paidéia, Elevation
Estudantes: acadêmicos, estudantes, adultos, alunos, garotos, escolares, iniciantes, bolsista, discente, adolescente, juvenil, colegial, geração, amigo
Gênero: masculino, feminino, diversidade, sexualidade, pele, sexo, NEPGS, LGBTfobia, assédio.
Atividades: seminário, ações, apresentação, pesquisa, estudo, vivências, relatos, cursos, semana acadêmica, participação, congresso, mostra, Sict, minicursos, palestras, oficinas, experimentos, palestra, participante, organizadores, Cirandarte, experiência, gincana
Apoio: auxílio acessibilidade, hospedagem, alimentação, locomoção, almoço, churrascaria, pastéis, domicílio, doce, solicitação, lotação, recursos/multifuncional, merenda, abrigar, ajuda, preparativos
Avaliação: prova, concurso, premiação, seleção, provas, recuperação, substitutivas, avaliadores, aprovação, conclusão, acompanhamento, avaliar, Enem, jurado, dependência, má-educação, obediência, futilidade, desobediente, memórias, proporção, acréscimo,

Infraestrutura: construções, edifícios, propriedades, anfiteatro, auditório, CIDEC-Sul, sala, prédios, cortinas, classe, kits, Carreiros, sala, sede, tecnologia, técnica, recursos, multifuncionais, programar, estante, piscina, ginásio, berço, quadra, iluminando
Divulgação: Revistas, REMAT, enfocam, comunicação, mídia, blog, enfoco.
Educador: professores, professor, professoras, psicopedagoga, aposentadoria, arte-educador, amigo, intelectual, analista
Trabalho: reivindicação, salário, empenhado, empenhada, confronto, sustento, pobre, vigor, delegação, cumprimento, respeita, contestar
Modalidades: licenciatura, bacharelado, bacharel, formatura, colação, outorga, grau, graduação, TCCs, banca, conclusão, pós-graduação, mestrado, dissertações, doutorado, especialistas
Currículo: estatística, astrofísica, cosmologia, ciência, português, geografia, artes, inglês, matemática, conhecimento, conteúdos, pré-cálculo, línguas, libras, científico, Engenharia, mecânica, economia arquiteta, toxicologia, pirâmide, cônica, proporções, elemento, antropologia, história, arqueologia, paleoíndio, etnografia, gráfico
Motivação: desempenho, incentivo, prêmio, impulsionar, relacionamento, apreciação, imersão, participações, prestigiar, conduzir, equipes, adeptos, divirta-se, curiosidades, trajetória, parceira, oportunidades, mercados, carreira, paradigmas, oferta, chances, validade, certezas, verdades, ajuda, determinação, evolução, perfeição, esperanças, sonhos, abraço, desafios, perspectivas, atento, memórias, respeito, terno, amor, saudações, excelência, orgulho, divertida, talento, simpatia, gosto, empatia, costume, hábito, vínculo, sentimento, saudoso, alegria, respeito, pretensão, intolerância, desconstrução, talento, sucesso, sentindo, sedentário, sedentária, respeitar, condição, interessarem, permanece, percepção, encara, diferença, vantagem
Ambiente: marítima, relevo, verão, estação, primavera, afro-verão, reaproveitamento, bicharada, comedouros, Quintanilha, Ilhescas, Ilha, barcos, pescadoras, escamas, trapiche, alteração, Golfinho, navega, expedição, cachoeira, horizonte, vendilhão, farol, turista, bóia, sítio
Inscrição: matrículas, inscrições, ingresso, formulário, meia-entrada, Classificação, manual, transferência, cobrança
Fomentos: editais, submissão, concessão, PIBITI/IFRS/CNPq, PROBIC/PROBITI/IFRS, PIBIC-Af, PIBIC-EM, FAPERGS, recursos, vigentes, contas, fundos, apoiadores, patrocínio, patrocinadores, orçamento, portais, meia-entrada
ONGs: MundoMoinhoRecomenda, Co.place, MundoMoinhoLiteratura, Elevation, VitraisContosdoInvitro,42FeiradoLivrodaFurg, MundoMoinhonaFearg/ estande, LIESSA
Cultura: Exposições, exibição, fotografias, Museus, coleção, conservação, acervo, visitação, arte, biblioteca, Fototeca, Patrimônio, MASP, Ateliê, barroco, Multipalco, atrizes, curtas-metragens, desenhos, carnavalescos, ensaio, espetáculo, Quitanda, Literatura, Palavras, escritores, contos, Editora, coautora, autora, tradutora, autor, textos, poemas, poesia, artigos, leituras, textos, livros, autoral, autores, leitura, escritores, poetas, romance, Humor, ilustradora, leitura, livros, escritor, personagens, Musical, Músicos, violoncelo, violão, percussão, guitarra, contrabaixo, shows, banda, vocal, rock, samba, pagode, música, bandas, Tributo, lança, Instrumentos musicais, ritmo, cantor, canto, marcial, artistas, espetáculo, atrações, dança, palco, Flautas, Cancioneiros, ArtEstação, mostras, curador, expressão, graffiti, grafiteiro, muros, produtora, talentos, teatro, tenores, coreografias, cenário, ritmos, sertanejo, bailarinos, expositor, plástica, circo, Comédias, Estética, tranças, sobrancelhas, Dreads, Beleza, Moda, brechó, Designer, variedade, estilos, berimbau, bateria, estréia, esquete, comediante, escritora, ator, visual, sonata, cinema, livraria, canção, poetisa, contemplação, gótico, estreante, visitante, enredo, percepção
Tempo: séculos, década, semestrais, calendário, ciclo, período, contemporaneidade, agendamentos, letivo, semestre, década, cronograma, agenda, brevemente, adiamento, contemporâneo, modernismo, moderno, passatempo

Cidadania: cidadão, cotas, direitos, rio-grandinos, senegaleses, povos, indígenas, nacionalidades, visibilidade, fibra, transitam, periféricos, operário, protestos, reivindicações, descontentamento, incidente, democracia, revolução, repreende, dificuldade, proteção, preconceito, igualdade, etnia, brasileiro, civilização, afro brasileira, africana, anão
Festejos/economia: brindes, cidade 280 anos, lojistas, natalinos, solenidade, inauguração, anfitriões, recepções, encerramento, fogos, patrono, ofertando, sorteio, lojista, fgtri
Cultura Popular: artesanatos, artesanais, pandorgas, fronteira, viajante, trajeto, percurso, partida, trilha, intercâmbio, incursões, aventura, Trança, artesanais, Tradição, lenda, folião, folia, Saravá, paróquia, sacramentos, casamento, procissão, Igrejinha, milagre, crença, ritual, Educandário, crenças, Sacro, paróquia, benção, festividade, baile, Junina, capoeira, fantasia, canção, Igreja, templo, sincretismo, subcultura, popularmente, mistério, ilusão, inculto, eclética, pipa
Saúde: medicina, nascimentos, mutação, nanismo, hipocondroplasia, gestação, genética, hormonais, displasia, acondroplasia, fisioterapeutas, pilates, elasticidade, tratamentos, corpo, bebe crescimento excesso, droga, dosagem, dependência
Esporte: competição, largada, atletas, técnico, regulamento, copa, adversários/AABB, arbitragem, basquete, futebol, fileiras, ofensivo, joga, placar, gols pontaria, futebol, bola, arbitro, time, estreia, torcedor, tocha, revezamento, estádio, gramado, rodada, volante, zagueiro, lateral, goleiro, boxe, ASKAB, jogo, disputas, prêmios, velejadores, Rgsurf, SHIDO-KAN/HONSHIN-KAI, Punhobol, clube, Vendilhões. Ypiranga, Sampa, Olimpika, pontuação, cartada, atlético, tapetão, desportista, Liga, Kartista, Kartismo, cartismo, cancha, cabeçada, marcador, empatar, pólo-aquático, polo-aquático, turfe, nadador, esportividade, anti desportista, triaton, jogando, regata, ringue, líbero, delegação, torcer, lanterna, octógono, aquático, derrota, divisão, vela,
Tradição: piquete, Sentinela, prendas, tradicionalismo, gerações, veteranos, álbum, maturidade, cavalheiro, cadete, Farroupilha, prendada, clássica
Não Classificadas: Maquiadora, batom, tataraneto, aproveitando, correria, proveito, ceder, erro, fuzila, hegemônica, agradece, sacada, hapkido, slack, correu, hobby, cesta

Tabela 1 - Meta-categorias e TR para o Aspecto Educação Fonte: Autores/ pesquisa

Para a fase de desenho dos **Contextos Narrados** utilizamos uma adaptação da Análise Estatística Implicativa (A.S.I.), um método estatístico multidimensional aplicado à pesquisas qualitativas que busca uma análise hierárquica de similaridade ou semelhanças entre um conjunto de dados (Almeida et al., 2000) . Segundo Couturier et al. (2004) essa abordagem permite ao pesquisador (i) extrair de um conjunto de dados regras de associação entre variáveis; (ii) fornecer um índice de qualidade de associação; e (iii) representar uma estruturação das variáveis obtida por meio destas regras.

Aplicamos a A.S.I. através do uso do software de Classificação Hierárquica Implicativa e Coesiva - CHIC (*Classification Hierarchique Implicative et Cohesitive* - Versão 6.0, 2012). A A.S.I. é uma abordagem metodológica que permite visualizar, organizar, construir modelos e explicar fenômenos associados aos dados, evidenciando o comportamento ou as imagens mentais de sujeitos em diferentes situações (Gras e Almouloud,2002). Destacamos que a opção pela análise realizada na abordagem metodológica A.S.I. justifica-se devido da possibilidade de percorremos uma trajetória invertida do método. Pesquisas que realizam a aplicação do CHIC iniciam sua coleta de dados a partir da estruturação e aplicação de questionários que são categorizados em representações posteriormente analisadas. Já nossa investigação inicia-se com a identificação e produção das palavras representativas para subsequente análise da similaridade, coesitiva e implicação que ao serem ancoradas e objetivadas em contextos vão gerar as questões problematizadoras a serem utilizadas pelo agente de interação.

Por exigência do software CHIC a estruturação dos dados é realizada de forma binária por meio de planilhas em MS Excel, com extensão csv, que separa os dados por vírgulas. Para a análise dos dados com o uso do CHIC selecionamos as opções “nós significativos”, “cálculo longo” com implicação segundo a "teoria clássica" segundo a lei de tipo Poisson. Segundo Martins and Theóphilo (2009), quanto mais próximo a 1,0 e acima de 0,7 melhor a confiabilidade dos dados. Assim, para a análise de similaridade consideramos os valores de nível de confiança iguais ou superiores a 0,7. O processamento dos dados possibilita a construção de árvores hierárquicas de similaridade, coesitivas e grafos implicativos. Vale lembrar que o índice de similaridade Lerman e Manski (1981) nos permite construir uma hierarquia ascendente cuja intensidade da implicação pode ser visualizada na árvore de interação hierárquica.

Outro recurso oferecido pelo grafo implicativo gerado pelo CHIC, é a possibilidade do pesquisador selecionar diferentes camadas de relação entre os atributos de análise (de Queiroz et al., 2016). É possível agrupar os dados analisando a similaridade entre as meta-categorias, como também analisar a similaridade entre os termos representativos que foram organizados na composição dessa meta-categoria. Assim, esse método de análise de estatística multivariada é adequado a proposta dessa pesquisa. A peculiaridade dos dados é de fato ter uma amostra de opiniões da população acerca dos acontecimentos da vida cotidiana na cidade e fomos capazes de organizar e combinar esses registros individuais de forma a analisar o desenho do contexto social manifesto, bem obter as representações sociais associadas as polaridades se sentimentos positivos, negativos e neutro. Para esse estudo a análise enfoca a reunião de postagens de seis anos, porém em uma análise anual é possível avaliar a dinâmica de presença e ausência de determinadas representações sociais. Por exemplo, em período de eleição é provável a emergência de um número significativo de termos representativos sobre a governança da cidade.

4 Resultados e Discussões

Os resultados apresentados neste artigo limitam-se a análise do eixo Educação para a Inteligência da Cidade no aspecto de Sentimento Positivo. Conforme abordagem proposta envolvendo DL, se fez necessário a obtenção de um conjunto de postagens anotadas e classificadas num total de 42.062 mil publicações , conforme pode ser visto na última coluna da tabela 2. Na fase I (treinamento do modelo) foi utilizado um dataset de 1138 publicações anotadas a partir do sistema Web (*dataset* de classificação) desenvolvido por Almeida (2018) para execução do treinamento. A acurácia atingida no conjunto de teste foi de 76.32%, quanto à classificação nos 11 eixos, para a amostra utilizada durante o treinamento da rede. Este valor é satisfatório, e justificável devido ao número de amostras que foram dadas como entrada da rede (1138 entradas, sendo somente 682 para treino). De posse da catalogação das postagens, procedemos com a etapa II de classificação do sentimento em negativo, positivo ou neutro, na qual foi atingida uma acurácia de 80,70%. O resultado levemente superior (somente 4,68%), considerando que o número de classes a serem preditas diminuiu de 11 para 3 sugere que a identificação da polaridade de sentimento pela rede é uma tarefa mais complexa quando comparada a classificação de eixos de cidades inteligentes. A tabela 1 apresenta os quantitativos encontrados para às percepções relacionadas às postagens em cada um dos 11 eixos.

Aspecto	Positiva	Negativa	Neutras	Total Postagens
Economia	4985	2536	941	8462
Educação	**7874**	**975**	**249**	**9098**
Empreendedorismo	225	96	20	341
Energia	575	75	55	705
Governança	4128	1949	140	6217
Meio Ambiente	1147	516	914	2577
Mobilidade	811	1914	29	2754
Saúde	965	676	69	1710
Segurança	4187	5391	148	9726
Tecnologia & Inovação	54	23	1	78
Urbanismo	309	75	10	394

Tabela 2 - Indicadores da polaridade das mensagens postadas no Facebook sobre a cidade

A análise dos dados obtidos demonstrou que da totalidade das 8462 postagens de Economia 59% apresentam percepções positivas, 30% percepções negativas e 11% apresentam comentário neutros. Das 9098 postagens da Educação 86% apresentam percepções positivas, 11% percepções negativas e 3% apresentam comentário neutros. Das 9726 postagens da Segurança 43% apresentam percepções positivas, 55% percepções negativas e 2% apresentam comentário neutros. O destaque para os 3 (três) eixo de maior comentário revelam que a maior percepção positiva da cidade encontra-se relacionada com a educação no município, seguida pela economia local. O setor de segurança apresenta o maior índice de negatividade relatada pela população. Outra constatação revelada por esse modelo de classificação dos dados é uma baixa referência da temática Tecnologia & Inovação para a população do território, fator que pode indicar dificuldades relacionadas ao desenvolvimento da cidade.

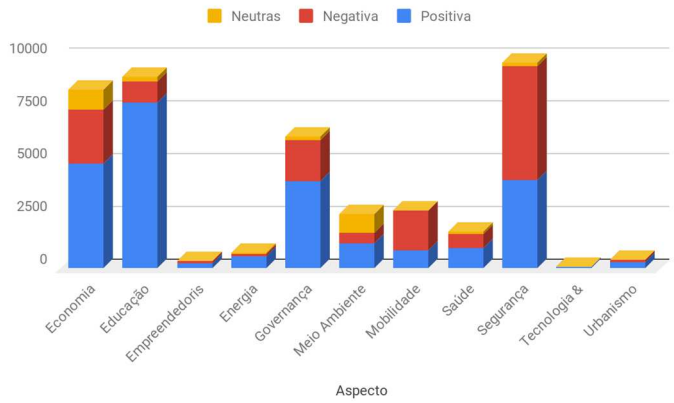


Figura 4 - Análise de sentimento dos indicadores de inteligência da cidade Fonte: Autores/ pesquisa

Apesar desses indicativos de educação positiva, dessa negatividade em relação a segurança e de uma inexpressiva percepção acerca de fatores de desenvolvimento locais, fez-se imprescindível compreender quais representações sociais encontram-se referidas e relacionadas na identificação de cada eixo e em suas polaridades. Para tanto foi necessário a organização dos termos representativos em meta-categorias (tabela 2) que agrupam os aspectos considerando seus múltiplos significados e prepara as categorias para posterior análise implicativa do contexto. As meta-categorias são variáveis principais de análise, sendo os termos representativos que as compõem as variáveis suplementares.

Então, de posse desse conjunto de termos representativos e das postagens classificadas para cada eixo procedemos a modelagem do nosso sistema de identificação de contextos. Os aspectos foram analisados e tratados de forma a que gerem agrupamentos. Com base na frequência dos termos em cada postagem organizou-se as variáveis em grupos a partir das semelhanças entre as classes. Os resultados indicam que a taxonomia e o conhecimento não revelam um conjunto de características intrínsecas à cidade, mas sim percepções de fatores que constituem determinadas circunstâncias.

4.1 Análise da Hierarquia de similaridade para o eixo Educação Positivo

Os resultados obtidos são provenientes de verificação em 6.627 opiniões apontando aspectos positivos e 813 opiniões que destacam aspectos negativos para o eixo Educação. Para análise de similaridade (S) do eixo educação positivo consideramos os valores de nível de confiança iguais ou superiores a 0,921 distribuidos nos 31 niveis. Interpretamos a similaridade dos dados de forma a identificar no conjunto de dados proximidade de respostas comuns, ou seja, opiniões semelhantes. As relações com similaridade igual a 1 encontram-se reunidos nos 13 primeiros níveis de classificação, sendo que a partir do nível 14 ao 31 obtemos uma variação de similaridade entre 0,999 e 0,921. Os nós significativos estão nos níveis 1, 4, 9, 13, 18, 21, 24, 26, 29, 31 grifados pelos traços vermelhos da figura 5.

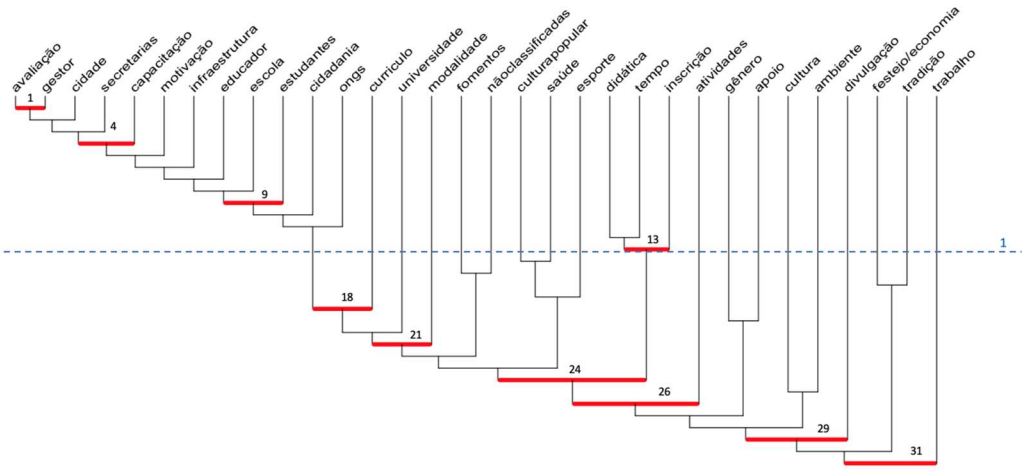


Figura 5 - Análise da Similaridade - Eixo Educação positivo Fonte: Autores/ pesquisa

Com base neste mapeamento para educação positiva traçado pelo CHIC desenvolvemos interpretações e significações construídas a partir de oposições e/ou aproximações; semelhanças, proximidades e/ou afastamentos; contradições e/ou repetições. Devido a capilaridade da relação estabelecida vamos distinguir globalmente na hierarquia apenas os nós significativos dos o niveis 1, 4 e 9 que obtiveram valores de

S=1. Os demais termos representativos, apesar de relacionados as atividades educacionais desenvolvidas no território, não serão foco dessa análise.

A construção da meta-regra de nível 1 (S=1) com os termos representativos ("avaliação", "gestor") nos permite identificar uma ênfase na percepção da população quanto ao papel do gestor para a avaliação positiva da educação na cidade. Porém caberia questionar a qual gestão é referida pela população. Esta indagação explicita-se quando analisamos o próximo nó significativo apresentado pela árvore. Para a construção de sua meta-regra o nível 4 (S=1) relaciona as seguintes classes de termos e termos representativos ("avaliação", "gestor") "cidade") "secretarias") "capacitação"). É importante destacar que esse gestor de cidade avaliado positivamente encontra-se associado às secretarias municipais, cuja percepção da capacidade é também relacionada. Já a meta-regra estabelecida pelo nível 9 (S=1) apresenta a relação ("avaliação", "gestor") "cidade") "secretaria") "capacitação") "motivação") "infraestrutura") "educador") "escola") "estudante") que revela uma necessária combinação entre uma gestão eficiente para educação que permita ao estudante fazer parte de uma política pública de formação social.

4.2 Análise da Hierarquia Coesitiva para o eixo Educação Positivo

A análise de relações intra e interclasses dos aspectos indicados quanto a qualidade da **implicação orientada** dentro de uma classe de variáveis é apresentada pelo CHIC através de árvores coesitivas. Para análise da Coesão (C) do eixo educação positivo consideramos os valores de nível de confiança iguais ou superiores a 0,748 distribuidos nos 23 niveis. A coesão igual a 1 encontram-se reunidos nos 5 primeiros níveis de classificação, sendo que a partir do nível 6 ao 10 obtemos uma variação de similaridade entre 0,999 e 0,907. Os nós significativos estão nos níveis 1, 6, 8, 10, 12, 14, 16 grifados pelas setas vermelhas da figura 6.

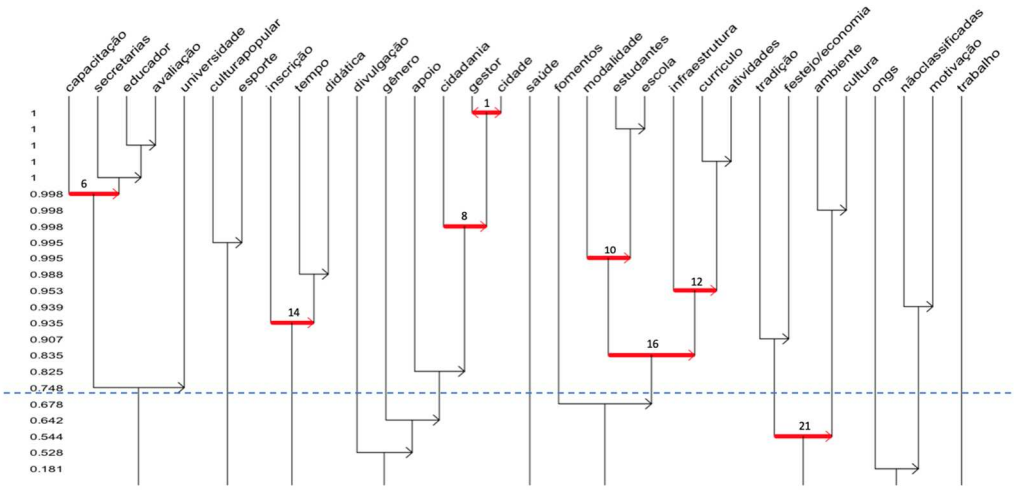


Figura 6 - Análise Coesitiva - Eixo Educação positivo Fonte: Autores/ pesquisa

A árvore coesitiva para Educação positiva apresentada na figura 6, aponta como principal qualidade orientada (C=1) a meta-regra ("gestor"⇔"cidade"), indicando uma forte associação entre os discursos que conectam uma condição de cidade a uma condição de gestão. Para completar essa ideia analisamos o nó de nível 8 cuja meta regra associa

("cidadania" ("gestor"⇔"cidade")) reforçando o papel do gestor público para a qualidade de vida na cidade. Já a meta-regra "capacitação"⇒("secretarias⇒("educador"⇒"avaliação")) apresentada pelo nível 6 de significação está situada em um subconjunto enraizado distintamente da percepção do gestor, porém detalha caminhos. A qualidade dos processos de capacitação, tanto do próprio gestor, como do educador, está na raiz de um sistema de educação cidadã.

Para análise da Coesão (C) do eixo educação negativo consideramos os valores de nível de confiança iguais ou superiores a 0,771 distribuidos nos 6 niveis. Os nós significativos estão nos níveis 1, 6, 11, 16, 19 grifados pelas setas vermelhas da figura 3.

A árvore coesitiva para Educação negativo indica como principal (C=1) qualidade orientada a meta-regra ("infraestrutura"⇒"cultura"), revelando a percepção negativa da população quando a infraestrutura do município para a cultura. Essa compreensão é reforçada a partir da meta-regra (("cidade"⇒"gestor") "avaliação") do nó significativo de nível 6 (C=0,771), cuja análise revela o impacto negativo da percepção da população sobre a avaliação do gestor.

4.3 Grafo Implicativo para o eixo Educação Positivo

Outro campo de visualização e análise da intensidade da implicação fornecido pelo CHIC é o Grafo implicativo, que permite ao pesquisador prefixar índices probabilísticos reconhecendo hierarquicamente seus fluxos de relações. Para a organização das sequências optamos pela análise dos termos representativos que compõem cada meta-categoria (tabela 2) com o intuito de justificar a força do sentimento da opinião a partir da relação entre cada palavra. O conjunto total de termos representativos reuni várias outras relações cuja interpretação é nesse momento menos interessante.

Sendo assim, foi gerado um grafos para o eixo Educação positivo dos termos ("gestor", "avaliação"), representados pela figura 4, sendo duas modalidades que polarizam os seguintes tipos de transição: 90% vermelho e 85% azul, reforçando que a ideia de que um ("processo", "alterações") e ("diretoria", "condições") afetam a situação positiva da educação percebida e comentada pela população em meio às redes sociais digitais.

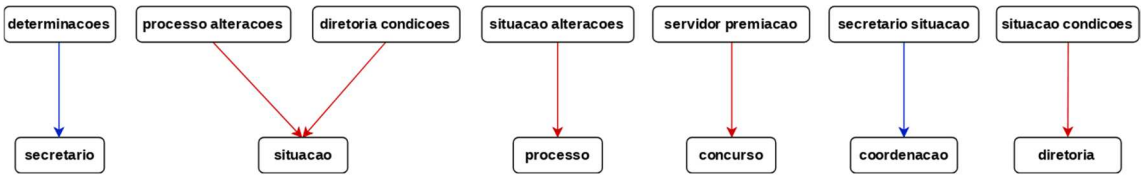


Figura 7 - Transições das representações sociais - Justificativa Educação positivo ("gestor", "avaliação") Medição entrópica, limiares 90% vermelho, 85% azul. Fonte: Autores/ pesquisa

4.4 Proposta de uso dos resultados da modelagem em um Chatbot

O chatbot que utilizará a base de conhecimento proposta neste estudo, encontra-se em desenvolvimento. Desta forma, neste artigo apresentamos uma contextualização conceitual dos resultados obtidos até agora. A partir do processo de escuta o chatbot realizará sua intervenção de duas formas: pela oferta de informações acerca da temática discutida ou por uma indagação vincular.

A proposta prevê a elaboração de um conjunto de indagações a partir de (3) três configurações básicas: explicação, exemplo e avaliação da pertinência das ponderações. Caso a conclusão do usuário indique a importância de sua manifestação, prevê-se o envio automático dessa formulação aos gestores públicos. Com base nas análises realizadas dentre os 32 eixos de análise, identificamos a partir da análise da A.S.I. (figura 8) como sendo 12 as meta-categorias que mais se aparecem nas discussões em grupos do Facebook utilizados pela população do território.

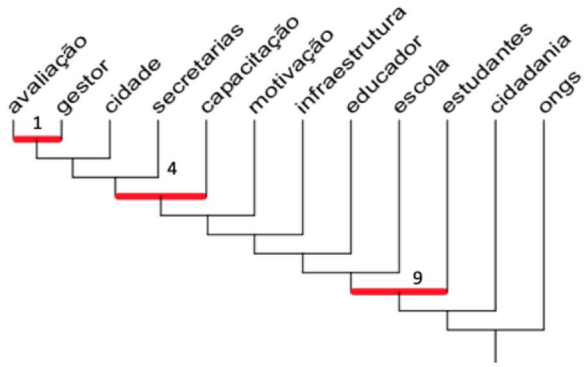


Figura 8 - Principal Eixo Educação positivo pela Análise da Similaridade Fonte: Autores/ pesquisa

Assim sendo, abaixo apresentamos um exemplo descritivo das intervenções deste chatbot, tabela 3, dada uma postagem ou comentário. Utilizamos como exemplo a entrada de uma postagem extraída do banco de dados. A estrutura de conversação está mapeada em 2 níveis a partir da primeira interação: a) 1, 2.1,3.1; b) 1, 2.2, 3.2. A primeira interação (a) apresenta a comunicação do bot para um caso no qual o usuário tem conhecimento sobre o assunto argumentando. A segunda interação (b), por sua vez, apresenta uma possível interação onde o usuário não tem conhecimento sobre o assunto. A finalização da conversa ocorre com a reflexão da validade da opinião que, ao ser confirmada, é enviada pelo chatbot como sugestão para os gestores públicos.

Interação	Texto de entrada	Chatbot Eventos	Possível resposta bot
1	**Usuário:** A Superintendente de Gestão Pedagógica da Secretaria de Município da Educação, professora Roberta Brodt, realizou, na manhã de segunda-feira (4), no Salão do Sobrado dos Azulejos, prédio que abriga a SMEd, uma reunião com os membros dos diversos Núcleos que compõem a Gerência Pedagógica. **Id da postagem: 290330**	**Evento**: envio de mensagem (send_message) **Categoria**: Educação **Relacão**: gestão **Sentimento**: Positivo **Tópico**: Secretaria	Conheces a SMED ? (sim) (não)
2	2.1 Sim conheço.	**Evento**: resposta rápida (quick_replay)	O que acha da forma de trabalho da SMED?
	2.2 Não conheço	**Evento**: resposta rápida (quick_replay)	Podes conhecer o trabalho da SMED

			acessando o link http://www.riograndе.rs.gov.br/smed/
3	3.1 A SMED tem realizado ações positivas para a cidade	**Evento:** envio de mensagem (send_message) **Categoria**: educacao **Relação**: secretaria **Sentimento**: positivo **Tópico**: secretaria	Deseja enviar o seu feedback para a secretaria? (sim) (não)
	3.2 Obrigado!	**Evento:** envio de mensagem (send_message) **Categoria:** agradecimento	:)

Tabela 3 - Exemplo de interação do chatbot Proposto Fonte: Autores/ pesquisa

Em termos de desenvolvimento de chatbot, citamos alguns eventos (send_message, quick_riply) que podem ser encontrados na documentação do Facebook (https://developers.facebook.com/docs/). Destacamos que nossa proposta poderia ser facilmente integrada a ferramentas de apoio à elaboração de chatbot como wit (https://wit.ai/), watson (https://www.ibm.com/watson).

5 Considerações Finais

Apresentamos nesta pesquisa um modelo de extração de conhecimento que visa estabelecer padrões de intervenções reflexivas para ChatBots em meio a redes sociais digitais, a fim de apoiar processos de cognição social em Cidades Inteligentes. O estudo foi realizado com a intenção de desenvolver uma metodologia que agrega condições técnicas e tecnológicas de visualização, organização e construção de modelos de forma a explicar fenômenos associados aos dados evidenciada nesse estudo a partir das concepções narradas por indivíduos em situações de vida cotidiana na cidade. A construção adaptativa dos métodos de Mineração de Dados, Deep Learning e Análise Estatística Implicativa (A.S.I.) representam uma proposta de arranjo que vem dando resultados diante do desafio de extrair essas opiniões e compreender seu conteúdo coletivo e espontâneo de modo a gerar uma base de conhecimento adequado de intervenções para o chatbot.

Além disso os dados obtidos permitem identificar que o conteúdo das postagens em meio às redes sociais são capazes de fornecer indícios de representações como expressões em torno das quais a sociedade se organiza. Uma leitura das postagens individuais em qualquer grupo do Facebook que analisamos, não revele os conteúdos de inteligência social da população provavelmente devido ao fato de que os textos/assuntos lá comentados não configuram uma informação estruturada, ou, ainda, porque estamos contaminados pela premissa de que em meio às redes sociais não há conteúdo relevante.

Por meio da modelagem propostas conseguimos estabelecer quais meta-categorias deveriam ser tratadas como como sendo constituintes do conjunto de intervenções, bem como quais as relações mais fortes deveriam ser tratadas de modo a suprir os pares (objetivo de um chatbot) <intenção de entrada, resposta>. É importante ressaltar que às intenções encontradas superem a necessidade do público alvo do estudo, já que a proposta poderia ser facilmente integrada a ferramentas de apoio à elaboração de chatbot. Porém a ampliação do território de análise exige uma nova implementação de toda a sequência do modelo, visto que outras intenções poderiam ser identificadas como sendo as Top-N.

Futuramente buscamos comprovar esta hipótese de produção de inteligência social por meio da intervenção do chatbot, que encontra-se em desenvolvimento. O projeto prevê que o bot atue como um anfitrião, em um ou mais páginas do Facebook de onde as postagens foram retiradas apoiando processos reflexivos acerca dos comentários e opiniões veiculados nos grupos sociais virtuais. Desta forma, diferentemente das abordagens existentes de chatbot, retornar às redes sociais uma inteligência social. Entretanto, ainda questionamos se um sistema inteligente será capaz de gerar meios de acesso, construção e intercâmbio de inteligência coletiva e social.

Nesse contexto de escuta o papel de agente aglutinador estabelecido pela A.S.I foi fundamental, já que apesar de todo o treinamento de máquina por nós desenvolvido, é no olhar e na organização do pesquisador que a transformação da informação em conhecimento é verdadeiramente processada.

Referências

[1] Abdul-Kader, S. A., & Woods, J. C. (2015). Survey on chatbot design techniques in speech conversation systems. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 6(7).

[2] Abric, J. C. (2001). A structural approach to social representations.

[3] Afonso, R. A., Silva, W. D., Tomas, G. H. R. P., Gama, K., Oliveira, A., Alvaro, A., & Garcia, V. C. (2013). Br-scmm: Modelo brasileiro de maturidade para cidades inteligentes. Simpósio Brasileiro De Sistemas De Informação.

[4] Ahmad, N. (2013). Estimating trade in value-added: why and how. Global value chains in a changing world, 85-133.

[5] Almeida, M. E. B. T. M. (2000). O computador na escola: contextualizando a formação de professores-praticar e teoria, refletir a prática.

[6] ALMEIDA JUNIOR, O. A. D. (2017). *Beck: um chatbot baseado na terapia cognitivo-comportamental para apoiar adolescentes com depressão* (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco).

[7] Anastasiadou, S., & Papadaki, Z. (2019). Consumer's perceptions toward E-Service Quality, Perceived Value, Purchase and Loyalty Intentions.

[8] Berrone, P. , Ricart, J. E., Carraso, C. & Ricart, R. (2016). Iese: Cities in motion index 2016. IESE, University of Navarra Business School, New York, USA.

[9] Belli, R. F., Traugott, M. W., Young, M., & McGonagle, K. A. (1999). Reducing vote overreporting in surveys: Social desirability, memory failure, and source monitoring. Public Opinion Quarterly, 63(1), 90-108.

[10] Braun, D., Hernandez-Mendez, A., Matthes, F., & Langen, M. (2017, August). Evaluating natural language understanding services for conversational question

answering systems. In *Proceedings of the 18th Annual SIGdial Meeting on Discourse and Dialogue* (pp. 174-185).
[11] Brickman Bhutta, C. (2012). Not by the book: Facebook as a sampling frame. Sociological methods & research, 41(1), 57-88.
[12] Cassa, C. A., Chunara, R., Mandl, K., & Brownstein, J. S. (2013). Twitter as a sentinel in emergency situations: lessons from the Boston marathon explosions. PLoS currents, 5.
[13] Castells, M. (2017). Redes de indignação e esperança: movimentos sociais na era da internet. Zahar.
[14] Chatterjee, A., Gupta, U., Chinnakotla, M. K., Srikanth, R., Galley, M., & Agrawal, P. (2019). Understanding Emotions in Text Using Deep Learning and Big Data. Computers in Human Behavior, 93, 309-317.
[15] Couturier, R., Bodin, A., & GRAS, R. (2004). A classificação hierárquica implicativa e coesiva. Manual Curso CHIC versão, 2.
[16] de Queiroz, C., Coutinho, S., & da Silva Santos, A. (2016). Educação Financeira para alunos de um curso de Engenharia de Produção Financial Education for students of a Production Engineering Course. Revista BoEM, 4(7), 234-253.
[17] de Almeida Costa, F., Souza, C. A. P., Siqueira, C. A. F., & Dario, É. M. R. V. (2018). Avaliação do ensino e da aprendizagem: uma análise de dados acerca dos discursos dos professores Evaluation of teaching and learning: a data analysis of the teacher's speeches. *Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, *20*(2).
[18] Derrick, D. C., Meservy, T. O., Jenkins, J. L., Burgoon, J. K., & Nunamaker Jr, J. F. (2013). Detecting deceptive chat-based communication using typing behavior and message cues. *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, *4*(2), 9.
[19] Diakopoulos, N. A., & Shamma, D. A. (2010, April). Characterizing debate performance via aggregated twitter sentiment. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1195-1198). ACM.
[20] Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data. Communications of the ACM, 39(11), 27-34.
[21] Fotiadis, T. A., & Anastasiadou, S. (2019). Contemporary advanced statistical methods for the science of marketing: Implicative Statistical Analysis vs Principal Components Analysis.
[22] Graf, H. D., Koc, Y., Panighetti, S., Togni, M., von Grünigen, D., Weilenmann, M., ... & Neureiter, N. (2017). Four different ways to build a chatbot about movies. In *SwissText 2017: 2nd Swiss Text Analytics Conference, Winterthur, 9. Juni 2017*.
[23] Gras, R., & Almouloud, S. A. (2002). A implicação estatística usada como ferramenta em um exemplo de análise de dados multidimensionais. Educ Mat Pesqui, 4(2), 75-88.
[24] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT press.
[25] He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 770-778).
[26] Heaivilin, N., Gerbert, B., Page, J. E., & Gibbs, J. L. (2011). Public health surveillance of dental pain via Twitter. Journal of dental research, 90(9), 1047-1051.

[27] Huang, J., Zhou, M., & Yang, D. (2007, January). Extracting Chatbot Knowledge from Online Discussion Forums. In IJCAI (Vol. 7, pp. 423-428).
[28] Holbrook, A. L., & Krosnick, J. A. (2009). Social desirability bias in voter turnout reports: Tests using the item count technique. Public Opinion Quarterly, 74(1), 37-67.
[29] Hossain, M. D., Sohel, F., Shiratuddin, M. F., & Laga, H. (2019). A comprehensive survey of deep learning for image captioning. ACM Computing Surveys (CSUR), 51(6), 118.
[30] Janus, A. L. (2010). The influence of social desirability pressures on expressed immigration attitudes. Social Science Quarterly, 91(4), 928-946.
[31] Kuyven, N. L., Antunes, C. A., de Barros Vanzin, V. J., da Silva, J. L. T., Krassmann, A. L., & Tarouco, L. M. R. Chatbots na educação: uma Revisão Sistemática da Literatura. *RENOTE*, *16*(1).
[32] Kwecko, V. R., Mota, F. P., Devincenzi, S., de Toledo, F. P., Porcincula, M., & da Costa Botelho, S. S. (2018, October). Study on distributed cognition processes and participation in collaborative construction activities in digital media. In 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 1-6). IEEE.
[33] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. nature 521.
[34] Leonhardt, M. D. (2005). Doroty: um chatterbot para treinamento de profissionais atuantes no gerenciamento de redes de computadores.
[35] Lerman, S., & Manski, C. (1981). On the use of simulated frequencies to approximate choice probabilities. Structural analysis of discrete data with econometric applications, 10, 305-319.
[36] Lowe, J. B., Barnes, M., Teo, C., & Sutherns, S. (2012). Investigating the use of social media to help women from going back to smoking post-partum. Australian and New Zealand Journal of Public Health, 36(1), 30-32.
[37] Machado, T. B. (2015). Pierre Lévy: A esfera semântica. Tomo 1: computação, cognição e economia da informação. Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia, 10(1).
[38] Martins, G. D. A., & Theóphilo, C. R. (2009). Metodologia da investigação cientifica. São Paulo : Atlas.
[39] McCue, C. (2014). Data mining and predictive analysis: Intelligence gathering and crime analysis. Butterworth-Heinemann.
[40] Naaman, M., Becker, H., & Gravano, L. (2011). Hip and trendy: Characterizing emerging trends on Twitter. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 62(5), 902-918.
[41] Najafabadi, M. M., Villanustre, F., Khoshgoftaar, T. M., Seliya, N., Wald, R., & Muharemagic, E. (2015). Deep learning applications and challenges in big data analytics. Journal of Big Data, 2(1), 1.
[42] O'Shea, T. J., Roy, T., & Clancy, T. C. (2018). Over-the-air deep learning based radio signal classification. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 12(1), 168-179.
[43] Paez Candelaria, Y., Sagaró del Campo, N. M., & Zamora Matamoros, L. (2018). Statistical analysis involving the determination of prognosis factors for the nutritional state of the severely ill patient at discharge. *MediSan*, *22*(06), 431-440.
[44] Phan, L. P., Huynh, H. H., & Huynh, H. X. (2018, February). Hybrid recommendation based on implicative rating measures. In *Proceedings of the 2nd*

International Conference on Machine Learning and Soft Computing (pp. 50-56). ACM.

[45] Poplin, R., Varadarajan, A. V., Blumer, K., Liu, Y., McConnell, M. V., Corrado, G. S., ... & Webster, D. R. (2018). Prediction of cardiovascular risk factors from retinal fundus photographs via deep learning. Nature Biomedical Engineering, 2(3), 158.

[46] Reips, U. D., & Garaizar, P. (2011). Mining twitter: A source for psychological wisdom of the crowds. *Behavior research methods*, *43*(3), 635.

[47] Reshmi, S., & Balakrishnan, K. (2016). Implementation of an inquisitive chatbot for database supported knowledge bases. sādhanā, 41(10), 1173-1178.

[48] Ritschard, G., Studer, M., & Oris, M. (2013). Analyse statistique implicative des transitions professionnelles dans la Genève du 19e siècle.

[49] Rodrigues, M. R. (2018). Estudo sobre as concepções de professores do ensino básico em relação a aleatoriedade e probabilidade.

[50] Santana, A. O., & Aranha, E. H. (2018). Um Modelo de Chatbot para Aulas de Desenvolvimento de Jogos Digitais. *Anais do Computer on the Beach*, 422-431.

[51] Sônego, A. A., Bernardini, A. A., & Pozzebon, E. (2018). Chatbots: Uma Análise Bibliométrica Do Estado Da Arte Da Literatura. *Artefactum-revista De Estudos Em Linguagens E Tecnologia*, *16*(1).

[52] Tarau, P., & Figa, E. (2004, March). Knowledge-based conversational agents and virtual storytelling. In *Proceedings of the 2004 ACM symposium on Applied computing* (pp. 39-44). ACM.

[53] Tourangeau, R., & Yan, T. (2007). Sensitive questions in surveys. Psychological bulletin, 133(5), 859.

[54] VENDRÚSCOLO, J. D. B. G., & MORÉ, R. P. O. (2018). Contribuições Da Inteligência Artificial Nos Sistemas De Informação De Apoio A Gestão Universitária.

[55] Vieira, R., & Lopes, L. (2010). Processamento De Linguagem Natural E O Tratamento Computacional De Linguagens Científicas. *Em Corpora*, 183.

[56] Yardi, S., & Boyd, D. (2010). Dynamic debates: An analysis of group polarization over time on twitter. Bulletin of science, technology & society, 30(5), 316-327.

[57] Zeng, D., Chen, H., Lusch, R., & Li, S. H. (2010). Social media analytics and intelligence. IEEE Intelligent Systems, 25(6), 13-16.

[58] Zhang, S., Yao, L., Sun, A., & Tay, Y. (2019). Deep learning based recommender system: A survey and new perspectives. ACM Computing Surveys (CSUR), 52(1), 5.

[59] Zhou, C., Sun, C., Liu, Z., & Lau, F. (2015). A C-LSTM neural network for text classification. arXiv preprint arXiv:1511.08630.

OS COLÓQUIOS A.S.I.: UMA ANÁLISE DAS PRODUÇÕES E DOS PESQUISADORES PARTICIPANTES[1]

Vladimir LIRA VÉRAS XAVIER DE ANDRADE[2], Jean-Claude RÉGNIER[3] e Paula Virgínia CHAVES CABRAL ANDRADE[4]

LES COLLOQUES A.S.I. : UNE ANALYSE DES PRODUCTIONS ET DES CHERCHEURS PARTICIPANTS

THE CONFERENCES SIA: AN ANALYSIS OF PRODUCTIONS AND PARTICIPATING RESEARCHERS

RESUMO

O primeiro colóquio internacional sobre Análise Estatística Implicativa foi realizado em 2000. Em 2019, temos o décimo colóquio. Ao longo dos anos, tivemos a participação de pesquisadores ligados a instituições de 22 países. Procuramos neste artigo apresentar os resultados de uma pesquisa documental sobre os colóquios A.S.I. e uma pesquisa por questionário com os participantes do A.S.I.9. Essa pesquisa tem como objetivo identificar como essa área de conhecimento vem crescendo e o papel dos pesquisadores que atuam nos colóquios. Os resultados ressaltam o papel da França na formação dos pesquisadores e na continuação do desenvolvimento teórico, bem como das ferramentas matemática-estatística necessárias para o contínuo desenvolvimento da A.S.I. Também podemos observar os diferentes campos de pesquisas dos participantes do A.S.I.9 entrevistados. Em relação as ferramentas informáticas empregadas nas pesquisas com A.S.I., o R-CHIC e o CHIC, os resultados indicam que a maioria dos pesquisadores que responderam o questionário utilizam em suas pesquisas o CHIC e os pesquisadores que estão envolvidos no aperfeiçoamento da teoria da A.S.I. e/ou das ferramentas estatísticas-matemáticas para aplicação na A.S.I. tendem a utilizar o software R-CHIC.

Palavras-Chave: *Análise Estatística Implicativa, CHIC, R-CHIC, Colóquios A.S.I.*

RÉSUMÉ

Le premier colloque international sur l'Analyse Statistique Implicative s'était tenu en 2000. En 2019, se tient le dixième colloque. Au fil des années, nous avons eu la participation de chercheurs liés à une institution parmi 22 pays. Dans cet article, nous présentons les résultats d'une recherche documentaire sur les colloques de l'A.S.I. et d'une enquête par questionnaire auprès des participants à l'A.S.I.9. Cette recherche vise à identifier la croissance de ce domaine de la connaissance et le rôle des chercheurs participant aux colloques. Les résultats mettent en évidence le rôle de la France dans la formation des chercheurs et la poursuite du

[1] Esta pesquisa contou com o apoio da CAPES/CNPQ através da bolsa PVE para o programa PPGEC -UFRPE.

[2] Departamento de Matemática/Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52.171-900 - Recife/PE, Brasil, vladiandrade@gmail.com

[3] Pesquisador Visitante Especial PVE/CAPES no PPGEC/UFRPE (Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco) – UMR5191 – ICAR Université Lumière Lyon 2 (FRA) – National Research Tomsk State University, (Rússia), jean-claude.regnier@univ-lyon2.fr

[4] Secretaria de Educação do Governo do Estado de Pernambuco/Secretaria de Educação da Cidade do Recife, Rua Afonso Olindense, 1513 – Várzea, Recife/PE, Brasil, paulavchaves@gmail.com

développement théorique, ainsi que des outils mathématiques-statistiques nécessaires au développement continu de A.S.I. Nous pouvons également observer les différents domaines de recherche des interviewés d'A.S.I.9. Nous pouvons également observer les différents domaines de recherche des participants à A.S.I.9 qui ont répondu au questionnaire. En ce qui concerne les outils informatiques utilisés dans les enquêtes avec A.S.I., R-CHIC et CHIC, les résultats indiquent que la plupart des chercheurs ayant répondu au questionnaire utilisent CHIC dans leurs recherches. Ainsi que des chercheurs qui participent au perfectionnement de la théorie de A.S.I. et / ou des outils statistiques et mathématiques à appliquer dans A.S.I. ont tendance à utiliser le logiciel R-CHIC.

Mots-clés : *l'Analyse Statistique Implicative, CHIC, R-CHIC, colloques A.S.I.*

ABSTRACT

The first international Meeting Statistical Implicative Analysis was held in 2000. In 2019 we have the tenth conference. Over the years we have had the participation of researchers linked to the institution of 22 countries. We seek in this article to present the results of a documentary research on the SIA meetings and a questionnaire survey with SIA9 participants. This research aims to identify how this area of knowledge is growing and the role of researchers working in the SIA meetings. The results highlight the role of France in the training of researchers and the continuation of theoretical development as well as the mathematical-statistical tools necessary for the continuous development of SIA. We can also look at the different research fields of the interviewed SIA9 participants. Regarding the computer tools employed in research with SIA, R-CHIC and CHIC, the results indicate that most researchers who answered the questionnaire use CHIC and researchers who are involved in perfecting SIA and / or statistical-mathematical tools for application in SIA tend to use R-CHIC software.

Keywords: *Statistical Implicative Analysis, CHIC, R-CHIC, conference SIA.*

1 Introdução

A teoria matemática e estatística da Análise Estatística Implicativa foi concebida por Régis Gras em sua tese de doutorado (Gras, 1979). Ele tomou como ponto de partida um índice de similaridade de variáveis binárias desenvolvidas por I.C. Lerman (Lerman; Gras; Rostam, 1981a; Lerman; Gras; Rostam, 1981b). Em sua pesquisa de doutorado, Gras procurou desenvolver uma taxonomia a priori de objetos cognitivos. Partindo do pressuposto que "Se um exercício é mais complexo do que outro, então todo aluno que resolve o primeiro deverá conseguir resolver o segundo" (Gras, Régnier, 2015, p.23). Contudo, nas Ciências Humanas, os resultados muitas vezes não obedecem a uma lógica matemática. Em uma sala de aula, sempre temos alunos que fogem a um determinado padrão de resposta esperado. Será que os contraexemplos invalidam uma proposta educativa? Ou uma taxonomia como a proposta por Gras? Ou outros tipos de pesquisa? Para tentar responder essa resposta, Gras desenvolveu uma teoria estatística original e rica, capaz de fazer aparecer, como destaca Yves Kodrattoff "pepitas de conhecimento" (Gras, 2019, p.17): a Análise Estatística Implicativa (A.S.I[5].). Para a realização de pesquisas utilizando a A.S.I. são necessários inúmeros e longos cálculos, o que demandaria muito tempo inviabilizando muitas pesquisas. Para tanto, era necessário o desenvolvimento de uma ferramenta informática, o CHIC. Conforme descreve o criador da A.S.I. Régis Gras (2015, p.9), sem o desenvolvimento do CHIC para aplicação da A.S.I. "os cálculos seriam intratáveis". O termo CHIC significa Classificação Hierárquica

[5] Optamos por manter a sigla com pontos, como é usualmente utilizado na Língua Francesa.

Implicativa e Coesitiva. Além da classificação Hierárquica Implicativa e Coesiva que faz parte da A.S.I., foi incorporado também a Análise de Similaridade. Essa inclusão leva a muitos iniciados na A.S.I. a incluírem a Análise de Similaridade como parte da A.S.I. Trata-se de mais uma das ferramentas incorporadas ao software, mas que não se trata da A.S.I., como não faz parte outras informações estatísticas complementares apresentadas pelo software (média, desvio padrão, coeficiente de correlação etc). O desenvolvimento do CHIC possibilitou um crescimento nas pesquisas com a A.S.I. incorporando pesquisadores de outras áreas que não apenas as ligadas à Matemática.

Tendo em vista a aplicação da A.S.I. na área de Ensino das Ciências, desenvolvemos um projeto na área de ensino das Ciências e Matemática, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEC-UFRPE) e que teve apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) nos anos de 2015, 2016 e 2017. Graças ao apoio da CAPES/CNPQ, através da bolsa de Pesquisador Visitante Especial (PVE) do Programa Ciência sem Fronteiras, foi possível trazer o professor Jean-Claude Régnier para realização de atividades de pesquisa e de formação sobre a Análise Estatística Implicativa no Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEC-UFRPE). Neste artigo, damos continuidade às pesquisas ligadas a esse projeto de pesquisa. Dando prosseguimento aos estudos realizados por Andrade, Régnier e Andrade (2017), nesta pesquisa são acrescentados novos dados aos já construídos, além dos resultados de um questionário que foi aplicado aos participantes do A.S.I. 9.

Este artigo procura responder a algumas perguntas. A A.S.I. surgiu na França e ao longo do tempo se expandiu para diversos países. Essa expansão foi fundamental para a ampliação e divulgação da A.S.I. no mundo. Dessa forma, a primeira questão que surge é:

Q1. Qual o nível de internacionalização da ASI?

Para responder a essa questão, fizemos um levantamento das produções da A.S.I. nos últimos colóquios A.S.I.

Além da expansão, o número de pesquisas aumentou com o tempo? Isso nos leva à segunda questão:

Q2. As pesquisas que utilizam a A.S.I. vêm crescendo ao longo dos anos?

Para responder à segunda questão, fizemos um levantamento desde o primeiro colóquio até o último.

Além da quantidade de artigos e países envolvidos, consideramos relevante levantar o número de autores vinculados às produções A.S.I. e os países das instituições vinculadas a esses autores. O que nos leva à questão:

Q3. Qual a quantidade de participantes nas comunicações publicadas no último ASI?

Os autores de um dado país se concentram em uma dada cidade/região ou estão dispersos em diversas cidades/regiões. Para isso, levantamos à questão:

Q4. Como estão distribuídos os autores em cada país por cidade/região?

Aplicamos um questionário para obter informações mais específicas, que apenas com a análise dos anais não se pode obter e que permitiram traçar informações sobre os participantes do último ASI. São elas:

Q4. Qual o sexo dos participantes?

Q5. Qual a idade?

Q6. Qual o país de nascimento?

Q7. Qual a formação dos pesquisadores (mestrando, Mestrado, doutorando, Doutorado etc)?

Em algumas pesquisas, temos pesquisadores que se concentram na análise estatística, enquanto que outros focam mais na parte teórica relativa ao objeto de pesquisa. Assim, podemos ter pesquisadores com maior ou menor domínio da ASI, bem como das ferramentas informáticas para tratamento dos dados (CHIC e R-CHIC). Podemos ter pesquisadores que utilizam outras ferramentas estatísticas ou se concentram na A.S.I. Levantamos no questionário algumas questões para traçar esse perfil dos pesquisadores.

Para o fortalecimento, divulgação de pesquisas e troca de experiências entre os pesquisadores da A.S.I., foram propostos no início da década passada colóquios internacionais sobre a A.S.I. Apresentamos a seguir uma caracterização desses colóquios A.S.I.

2 Os Colóquios Internacionais sobre Análise Estatística Implicativa

Os colóquios sobre a Análise Estatística Implicativa (A.S.I.) tiveram início na França, país onde surgiu a A.S.I. O primeiro colóquio foi realizado em junho de 2000. Para a realização desse, foi escolhida a cidade de Caen e para sediar o evento se escolheu o Instituto de Formação de Professores de Caen (IUFM-CAEN). Tivemos como apresentações nesse colóquio: duas conferências e 14 comunicações científicas. Como organizador do evento, tivemos os pesquisadores Régis Gras (fundador da A.S.I) e Marc Bailleul. O tema central foi: "Exploração dos dados pelo método da Estatística Implicativa: aplicação e tratamento pelo C.H.I.C"[6].

Para o segundo Colóquio Internacional foi escolhido o Brasil. Ele foi realizado de 9 a 11 de julho de 2003. Sendo organizado por Saddo Ag Almouloud, que anos atrás tinha sido orientado por Régis Gras na França. Através da pesquisa de doutorado do professor Saddo, tivemos uma importante contribuição no desenvolvimento do software CHIC. A temática desse colóquio foi: "O método estatístico implicativo utilizado em estudos qualitativos de regras de associação. Contribuição à pesquisa em Educação". Nesse colóquio, tivemos seis estudos-comunicações orais e um minicurso (Pereira da Cunha et al., 2015). Para sediar o evento, foi escolhida a Universidade Católica de São Paulo.

O terceiro Colóquio Internacional sobre a A.S.I. retorna à Europa, mas desta vez na Itália. Ele ocorreu nos dias 6 a 8 de outubro de 2005 na Universidade de Palermo. Como organizador tivemos Filippo Spagnolo. O envolvimento dos organizadores e de outros participantes levou a um crescimento considerável nas pesquisas apresentadas que chegaram a um total de 27 comunicações orais[7].

Mantendo a tendência dos outros colóquios de realização em diferentes países, o quarto Colóquio sobre Análise Estatística Implicativa foi realizado na Espanha. Escolheu-se a cidade de Castellón de la Plana na Espanha, no Departamento de Matemática da Universidade Jaume I. Esse evento foi realizado nos dias 18 a 21 de outubro de 2007. Como resultado das pesquisas apresentadas, foram totalizadas 30 comunicações. O comitê de organização foi presidido por Pilar Orus e a presidência do Comitê Científico foi presidido por Régis Gras. Os trabalhos apresentados nos anais foram organizados em cinco grandes partes (tradução nossa):

1. A análise quantitativa de dados, um exemplo: a Análise Estatística Implicativa (A.S.I.). Contribuições teóricas e práticas sobre a A.S.I.;
2. Formação na A.S.I. Primeiras aplicações significativas em várias disciplinas;

[6] Informações disponíveis no site: http://math.unipa.it/~grim/asi/asi_00_CAEN.htm
[7] Informações disponíveis no site: http://math.unipa.it/~grim/asi/asi_index.htm

3. Tratamento por meio da A.S.I. de situações em Ciências da Educação, em Ciências Sociais e em Psicologia;
4. Algumas contribuições teóricas sobre desenvolvimentos e extensões da A.S.I.;
5. Análise por meio da A.S.I. de conceitos ensinados na sala de aula de Matemática em diferentes níveis de ensino.

Pelos temas, pode-se observar a força da área da Didática da Matemática (parte 5) como campo de aplicação da A.S.I., ambiente no qual surge a A.S.I. através das investigações de Régis Gras (Gras e Régnier, 2015, Gras, 1996). Também pôde-se observar o crescimento em outras áreas como (parte 2 e 3)[8].

O quinto Evento Internacional sobre a A.S.I. ocorreu no período de 5 a 7 de novembro do ano de 2010 na Itália, na cidade de Palermo (tal qual o terceiro colóquio). Ele teve como presidente do Comitê de Organização Filippo Spagnolo, como presidente do Comitê Científico Jean-Claude Régnier e como presidente de honra Régis Gras. As instituições organizadoras foram o Departamento de Matemática e de Informática da Universidade de Palermo, o grupo de pesquisa GRIM, a Faculdade de Ciências da Formação da Universidade de Palermo, A Universidade Lumière Lyon 2 e o laboratório ICAR da Universidade Lumière Lyon 2. As comunicações foram agrupadas em (tradução nossa):

1. Contribuições aos fundamentos e desenvolvimento teórico da A.S.I.;
2. Aplicações da A.S.I.: Didática das Matemáticas, Didática das Ciências;
3. Aplicações da A.S.I.: estudo de questões relativas à formação dos professores às práticas de ensino;
4. Aplicação da A.S.I.: estudo dos efeitos e usos das TICE e ENT e das formações a distância;
5. Aplicações da A.S.I.: domínio da avaliação;
6. Aplicações da A.S.I.: História da Arte;
7. Aplicações da A.S.I.: Epidemiologia;
8. Aplicações da A.S.I.: Estudo de fenômenos Socioeconômicos;
9. Questões em torno da formação da A.S.I.

Dessa forma, tivemos nove temas, dos quais sete foram em aplicações. A área de Didática das Ciências aparece em uma dessas áreas de aplicação, junto com a Matemática[9].

O sexto Colóquio Internacional sobre a Análise Estatística Implicativa ocorreu na França, na cidade de Caen. O Colóquio foi realizado no Instituto de Formação de Professores da Baixa Normandia, nos dias 7 a 10 de novembro de 2012. A Conferência de Abertura foi realizada por Guy Brousseau com o título: “De l'observation clinique à la macro didactique : les areas de l'analyse statistique et les contributions de l'analyse statistique implicative”. Nessa conferência foi realizada uma homenagem à memória de Filippo Spagnolo que presidiu o Comitê de organização do terceiro e quinto colóquio sobre a A.S.I. O presidente do Comitê Científico foi Jean-Claude Régnier e da comissão organizadora, Marc Bailleul. O presidente de honra foi Régis Gras. Além da conferência de Guy Brousseau, foram realizadas dezenove comunicações que foram agrupadas em duas grandes categorias (tradução nossa):

[8] Informações disponíveis no site: http://www.asi4.uji.es/asi4-presentation-es.htm
[9] Informações disponíveis no site: http://sites.univ-lyon2.fr/asi/5/

1. Contribuições aos fundamentos e desenvolvimento teórico da A.S.I. (quatro comunicações);
2. Aplicações da A.S.I. a diversos domínios e uso do software CHIC10 (15 comunicações.

O sétimo Colóquio Internacional sobre a A.S.I. ocorreu em São Paulo e tal como o segundo Colóquio, foi realizado na PUC de São Paulo. Ele teve como presidente da comissão organizadora Saddo Ag Almoloud. O presidente da Comissão Científica foi Jean-Claude Régnier e o presidente de honra Régis Gras. O evento ocorreu de 27 a 30 de novembro de 2013. Nele, tivemos duas conferências e um total de vinte comunicações, sendo uma na forma de pôster. As comunicações não foram divididas nos anais em categorias, como em outros eventos[11].

O oitavo evento internacional sobre Análise Estatística Implicativa foi realizado na cidade de Radès na Tunísia. O evento ocorreu nos dias 11 a 14 de novembro de 2015. O presidente da Comissão Organizadora foi Ahmed Dhouibi, o presidente da Comissão Científica foi Jean-Claude Régnier e o presidente de honra Régis Gras. Nesse evento, tivemos três conferências de abertura e a apresentação de trinta e duas comunicações. As comunicações foram divididas em sete categorias[12]:

1. Desenvolvimento do quadro teórico da A.S.I.;
2. Aplicações das pesquisas em didática disciplinares e profissionais;
3. Aplicações para pesquisa no campo da Psicologia;
4. Aplicações para pesquisa no campo das TICE;
5. Aplicações às pesquisas em História da Arte;
6. Meta-análise das publicações contributivas à A.S.I.;
7. Aplicações para pesquisa no campo da Sociologia da Educação.

O nono colóquio internacional sobre a Análise Estatística Implicativa ocorreu na França, na cidade de Belfort (mesmo lugar onde vai ser realizado o décimo colóquio). Foi realizado no período de 4 a 7 de outubro de 2017. Teve como presidente do Comitê de Organização Raphaël Couturier (que vem há anos tendo um papel fundamental no desenvolvimento e aperfeiçoamento do CHIC e traz a proposta de utilização do R-CHIC). O presidente do Comitê Científico foi Jean-Claude Régnier e o presidente de honra Régis Gras. Esse evento contou com 35 comunicações científicas, além da apresentação à obra realizada por Jean-Claude Régnier e Régis Gras e o resumo da conferência realizada por Gérard Vergnaud[13].

3 Abordagem metodológica

Apresentaremos nesta seção os critérios de seleção para a construção da amostra e o procedimento de análise dos dados. Esta pesquisa foi dividida em duas partes. A primeira pode ser classificada como documental (Gil, 2002), uma vez que nela temos como fonte documentos que são os anais dos colóquios A.S.I. e os artigos publicados nesses eventos. Como etapas, fizemos uma definição das fontes de pesquisa (amostra), elaboração do

[10] Informações disponíveis no site: http://sites.univ-lyon2.fr/asi/6/
[11]Informações disponíveis no site: https://sites.univ-lyon2.fr/asi/7/
[12]Informações disponíveis no site: http://sites.univ-lyon2.fr/asi/8/
[13] Informações disponíveis no site: https://sites.univ-lyon2.fr/asi/9/

plano de trabalho, localização das fontes e obtenção do material, pré-leitura e definição das categorias de análise, construção das variáveis com base nas categorias de análise. Uma vez definida as categorias de análise, foram realizados a construção e tratamento dos dados usando a Estatística descritiva e em seguida a análise desses.

Na segunda parte, fizemos um levantamento de campo (Gil, 2002), aplicando um questionário aos participantes do A.S.I.9. Com base nos questionários, foi feita a construção dos dados (apresentamos o questionário anexado). Essa etapa foi dividida em duas partes. Na primeira parte foi feito um tratamento dos dados utilizando a estatística descritiva (com a construção de tabelas e análises dessas). A segunda parte foi feita utilizando como ferramenta a Análise Estatística Implicativa que é adequada no tratamento de dados multidimensionais, como os obtidos com esse questionário. Para realização desse tratamento, em função dos inúmeros cálculos que são feitos, torna-se necessária a utilização de um software apropriado chamado CHIC. Conforme esclarece Couturier, Bodin e Gras (2003, p.1), o software CHIC possui como "funções essenciais extrair de um conjunto de dados, cruzando sujeitos e variáveis (ou atributos), regras de associação entre variáveis, fornecer um índice de qualidade de associação e de representar uma estruturação das variáveis obtidas por meio destas regras". Para análise dos dados, vamos utilizar o grafo implicativo que possibilita observar relações de implicação entre as variáveis.

A seguir, temos a organização dos dados para cada uma das etapas da pesquisa.

3.1.1 Etapa 1: Levantamento de informações nos anais

Foram feitos dois levantamentos. O primeiro foi em relação ao país das instituições as quais os pesquisadores estão vinculados. Para esse levantamento, a amostra foi constituída dos cinco últimos colóquios internacionais sobre a A.S.I. Um mesmo artigo pode ter pesquisadores vinculados a diferentes instituições. O país das instituições nos permite observar como as pesquisas utilizando a A.S.I., que surgiu na França, vem sendo ampliadas para outros países. Para observar o país da instituição, levantamos todos os artigos dos últimos cinco eventos e a instituição que o autor(es) indicou como filiada. Se em um artigo temos dois autores da Espanha e um da França, contabilizamos um para a Espanha e um para a França, uma vez que a contagem é por artigo e não por autor. Se temos três autores do Brasil em um artigo, contabilizamos apenas um para o Brasil.

O segundo levantamento foi em relação ao número de comunicações científicas desde o primeiro evento A.S.I. até o último (A.S.I. 9). Com isso, teríamos uma ideia do crescimento das produções ao longo dos anos.

Um terceiro levantamento foi em relação ao último simpósio (A.S.I. 9). Fizemos um levantamento de todos os autores que participaram das pesquisas apresentadas nas comunicações, depois procuramos identificar que instituições esses autores estão vinculados e em que cidade/região essas instituições estão localizadas. O objetivo era observar se as pesquisas apresentadas eram ligadas às mesmas instituições/localidades ou se em um mesmo país se espalhavam por diferentes locais.

3.1.2 Etapa 2 : Pesquisa por questionário

O questionário foi entregue aos participantes do A.S.I.9. Nem todos devolveram o questionário preenchido. Dessa forma, o número total de sujeitos foi de 22.

3.2 Descrição das categorias e variáveis

Em um primeiro momento, para análise dos dados com a estatística descritiva, foram consideradas as seguintes categorias:

1. Sexo;
2. Idade;
3. País de nascimento;
4. País da instituição de pesquisa que atuava;
5. Cidades onde foram realizadas as pesquisas;
6. Nível de formação acadêmica;
    - conhecimento sobre a A.S.I.;
7. Além da A.S.I., que outras ferramentas da estatística são utilizadas;
8. Sobre o C.H.I.C. (se conhece, se sabe utilizar e se utiliza em suas pesquisas);
9. Sobre o R-C.H.I.C. (se conhece, se sabe utilizar e se utiliza em suas pesquisas);

Em um segundo momento, com base nas questões apresentadas no questionário, criamos as categorias, variáveis e códigos que estão indicados no quadro 1 e 2 (dividimos em dois quadros, de modo apresentar os quadros em uma única página). As cidades e os países apresentados são os indicados nas respostas dos questionários. Esses códigos foram utilizados na organização dos dados que foram tratados no CHIC.

É comum em eventos do porte da A.S.I. a presença de pesquisa conjunta de pesquisadores de diferentes países. Contudo, apenas observando as publicações, muitas vezes não é possível identificar o país de origem do pesquisador. Na França, por exemplo, é comum a presença de pesquisadores de diversos países fazendo um doutorado, um mestrado etc. Após a formação, muitos desses retornam ao seu país de origem. Contudo, no momento do evento, estão vinculados a uma instituição francesa. Dessa forma, consideramos relevante colocar no questionário uma pergunta sobre a nacionalidade do pesquisador.

Uma das perguntas no questionário era a área de pesquisa. Colocamos como predefinidas a Didática da Matemática (onde surge a A.S.I.), a Didática da Estatística (campo de pesquisa que envolve a própria A.S.I. na Didática da A.S.I.), áreas ligadas à Didática das Ciências (da qual realizamos pesquisas na área de Ensino das Ciências no Brasil) e outras áreas presentes em levantamentos realizados por nós anteriormente, deixando a opção “outros” para levantar áreas não indicadas. Nesse caso, foram observadas cinco outras áreas. Duas delas consideramos passíveis de agrupamento em uma única variável: Estatística e análise dos dados.

Categoria	**Descrição**		**Código**
1. País de nascimento	França		1NFr
	Brasil		1NBr
	Argélia		1NArg
	Camarões		1NCam
	Espanha		1NEsp
	Grécia		1NGr
	Marrocos		1NMar
	Turquia		1NTur
2. País onde atualmente realiza suas pesquisas	França		2PFr
	Brasil		2PBr
	Argélia		2PArg
	Espanha		2PEsp
	Grécia		2PGr
3. Cidade onde atualmente realiza suas pesquisas	França	Paris	3PCFrPar
		Caen	3PCFrCaen
		Lyon	3PCFrLyon
		Besançon	3PCFrBsm
		Nantes	3PCFrNan
		Marseille	3PCFrMar
	Brasil	Recife	3PCBrRe
	Argélia	Bugia	3PCAlgBe
	Espanha	Castellón	3PCEspCt
	Grécia	Tessalônica	3PCGrTh
4. Formação atual	Estudante de mestrado		4FAEM2
	Estudante de doutorado		4FAED
	Mestre		4FAMD
	Doutor		4FAPHD
	HDR		4FAHDR
5. Área de pesquisa	Didática da Matemática		5DPDM
	Didática da Estatística		5DPDE
	Didática da Física		5DPDF
	Didática da Química		5DPDQ
	Didática da Biologia		5DPDB
	Didática das Ciências		5DPDC
	Informática		5DPInf
	Psicologia		5DPPs
	Sociologia da Educação		5DPSE
	Outros (resposta aberta)	Ciências da Educação	5DPCe
		Estatística/análise dos dados (juntamos duas respostas em uma)	5DPEs
		Avaliação	5DPAv
		TICE	5DPTICE

Quadro 1 – Descrição das categorias e variáveis utilizadas (parte 1) para o tratamento no CHIC.

Categoria	Descrição		Código
6. Sujeito da pesquisa	Pesquisa com professores		6SProf
	Pesquisa com estudantes		6SAlun
	Pesquisa com ensino de conceitos		6SEC
	Pesquisa teórica		6STeo
	Outros (explicitar):	Estatística	6SOEst
		Desenvolvimento do domínio da A.S.I.	6SOASI
		Educação imagens e estudantes	6SOImg
		Epistemologia nas Ciências Humanas	6SOEps
		Avaliação em larga escala (PISA-TIMSS)	6SOAva
		Representação de imagens mediáticas	6SOImM
7. Profissão	Professor		7PPr
	Pesquisador		7PPe
	Professor/pesquisador		7PPrPe
	Estudante		7PEs
	Outros (explicitar):	Aposentado	7PAp
		Consultor	7PCo
8. Em relação a A.S.I.?	Não conhece		8ASInc
	Utiliza como ferramenta para análise de dados em suas pesquisas		8ASIFerr
	Realiza pesquisas sobre a A.S.I. (procurando melhoria teórica e/ou das ferramentas de pesquisas matemáticas-estatísticas)		8ASITeoEst
	Realiza pesquisas sobre a A.S.I. como ferramenta de ensino-aprendizagem		8ASIEnsApASI
	Realiza pesquisas sobre a A.S.I. e a Didática da A.S.I.		8ASIDidASI
9. Utiliza a estatística em suas pesquisas?	Não		9EstNo
	Utiliza a estatística descritiva básica (tabelas e/ou gráficos e/ou médias ou outras medidas de tendência central e de dispersão)		9EstBas
	Utiliza a estatística descritiva avançada (correlação, regressão)		9EstAva
	Utiliza a inferência estatística.		9EstInf
10. A propósito do CHIC	Conhece esse software?	Sim	10CHICConS
		Não	10CHICConN
	Sabe como utilizar?	Sim	10CHICUtiSim
		Não	10CHICUtiNo
	Utiliza em suas pesquisas?	Sim	10CHICPesSim
		Não	10CHICPesNo
11. A propósito do R-CHIC	Conhece esse software?	Sim	11RCHConS
		Não	11RCHConN
	Sabe como utilizar?	Sim	11RCHUtiSim
		Não	11RCHUtiNo
	Utiliza em suas pesquisas?	Sim	11RCHPesSim
		Não	11RCHPesNo

Quadro 2 – Descrição das variáveis utilizadas (parte 2) para o tratamento no CHIC.

4 Tratamentos e Análise dos dados construídos

Dividimos a análise dos dados em duas partes: análise documental dos anais dos eventos ASI; análise dos dados do questionário que foram tratados e organizados em tabelas e o uso da implicação estatística para análise das relações de implicação observadas com base no questionário aplicado.

4.1 Análise documental das pesquisas apresentadas nos anais dos eventos A.S.I.

Uma das informações que procuramos observar é relativa ao país das instituições nas quais os pesquisadores indicavam estar filiados. Nem sempre o país indicava a nacionalidade do autor, mas é um parâmetro para indicar os vínculos acadêmicos que vão também influenciar as produções. No gráfico 1, apresentamos o levantamento dos países das instituições representadas nos A.S.I.5, A.S.I.6, A.S.I.7, A.S.I.8 e A.S.I.9. Tivemos um total de 21 países[14]. O país com maior contribuição foi a França, associado a 87 comunicações. Em segundo lugar, o Brasil com 28 produções. Em terceiro lugar, temos a Espanha com 17 artigos. No quarto lugar, temos o Chipre com sete publicações. A Grécia aparece em quinto lugar com cinco produções. A Argélia, o Gabão e a Itália aparecem em sexto lugar com quatro produções.

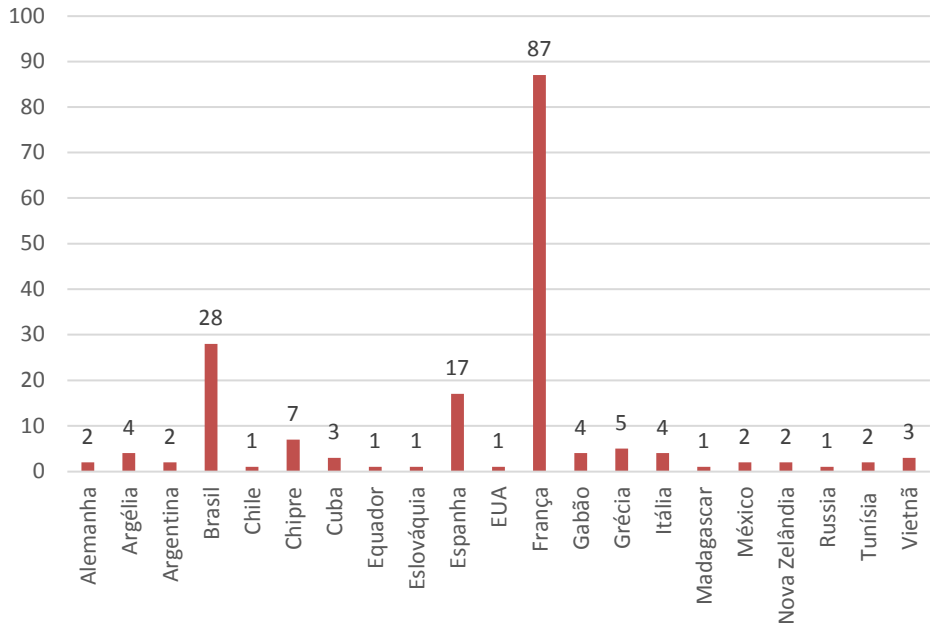


Gráfico 1- País da instituição vinculada aos autores.

Procuramos também avaliar o número de comunicações nos eventos da A.S.I. e indicamos no gráfico 2. As produções vêm crescendo nos eventos, sendo maior o número de comunicações apresentadas no último. Pode-se observar no gráfico 2 uma oscilação no número de comunicações, indicando que nem sempre um evento tem um maior número de comunicações do que o seu anterior. Apesar disso, quando comparado o

[14] Consideramos apenas as comunicações nos eventos. Dessa forma, as conferências não entraram na contagem.

primeiro evento (com 14 comunicações) com o último evento (com 35 comunicações), tivemos um aumento nas comunicações de 250%. Um país que recebeu três vezes o colóquio foi a França. O Brasil e a Itália receberam duas vezes esse evento. Quando comparamos a produção do A.S.I.2 no Brasil com o A.S.I.7 realizado novamente no Brasil, tivemos um aumento de 333,33% nas comunicações. Do A.S.I.1 para o A.S.I.6, ambos realizados na França, tivemos um aumento de 135,71% nas comunicações. E do A.S.I.1 na França para o A.S.I.10, tivemos um aumento de 250%.

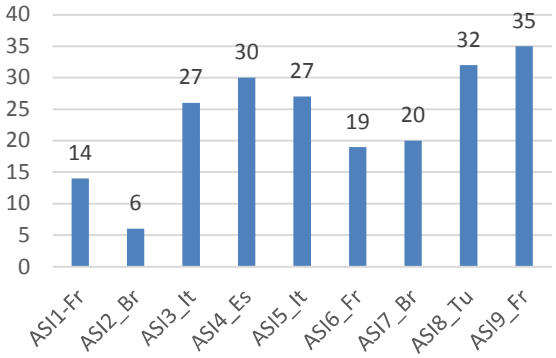


Gráfico 2 - Comunicações apresentadas nos colóquios.

Selecionamos o A.S.I.9 para uma avaliação mais detalhada sobre os pesquisadores envolvidos e os países vinculados às suas respectivas instituições. Em um mesmo país procuramos observar a concentração por cidade/região. No A.S.I.9., tivemos um total de 35 comunicações científicas que foram produzidas por 66 pesquisadores. No gráfico 3, apresentamos a distribuição dos pesquisadores por países (país da instituição do pesquisador). Tivemos um total de 10 países. Desses, temos um pesquisadores com vínculo em instituições na França e na Rússia. A França é o país com maior número de vínculos, sendo seguido pelo Brasil.

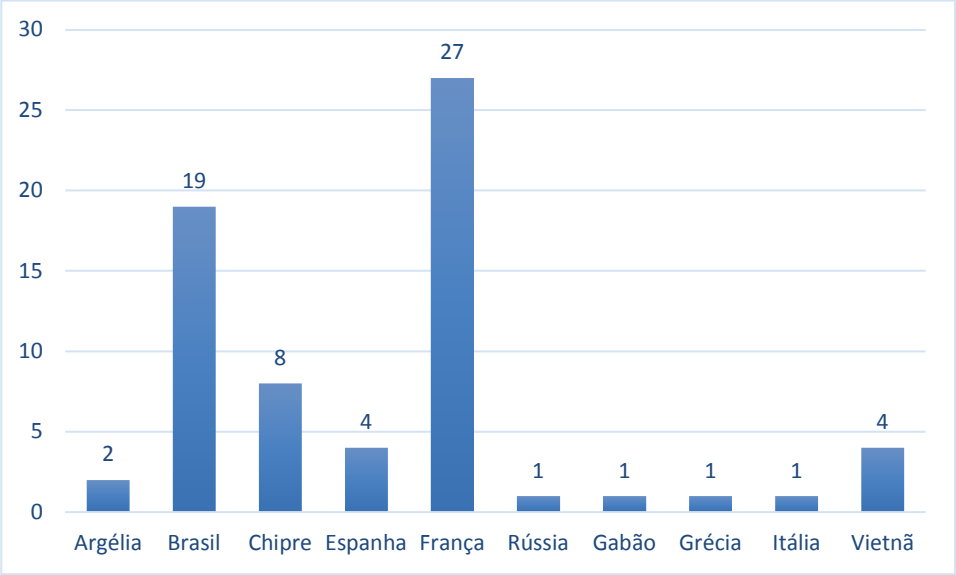


Gráfico 3 – Autores das comunicações no A.S.I. 9 agrupados por país.

As pesquisas em um país podem se concentrar em uma região ou serem distribuídas em diferentes regiões. Procuramos avaliar esse vínculo com base nos anais do último evento A.S.I. (A.S.I.9.). Apresentamos os resultados na tabela 1. Na França temos um total de 27 pessoas que participaram como autores nas comunicações científicas. A maioria dos pesquisadores está vinculado a Lyon (48,15%), se considerar a cidade vizinha de Bron teríamos 59,26%. Em segundo lugar, temos Paris e Bron com três pesquisadores em cada cidade, o que corresponde a 11,11 % do total. Ressaltamos, contudo, que embora a cidade de Nantes conte apenas com um autor, esse autor é o que tem a maior participação em artigos (6 artigos).

Região	Cidade	N	%
Auvérnia-Ródano-Alpes	Bron	3	11,11
	Lyon	13	48,15
Bretanha	Brest	2	7,41
Borgonha-Franco-Condado	Belfort	1	3,70
Ilha de França	Paris	3	11,11
Normandia	Caen	2	7,41
	Courseulles sur Mer	1	3,70
Provença-Alpes-Costa Azul	Marseille	1	3,70
País do Loire	Nantes	1	3,70
Total		27	100%

Tabela 1 – Cidade das instituições francesas dos autores do A.S.I. 9

Na tabela 2, apresentamos os resultados para o Brasil. A cidade com um maior número de autores com publicações no A.S.I.9 é Recife com 13 autores (68,42%). Sendo seguido por São Paulo (15,79%). A região com maior participação é o Nordeste com 14 pesquisadores (73,68%). Ressaltamos, contudo, que apesar de um número menor de pesquisadores do estado de São Paulo nesse evento, temos uma produção consistente na ASI pelos pesquisadores de São Paulo a exemplo do livro Valente e Almeida (2015) com várias pesquisas produzidas em São Paulo. O que torna um centro de pesquisa e divulgação da ASI no Brasil. Ressaltamos o papel do pesquisador Jean-Claude Régnier na divulgação e formação de pesquisadores no Nordeste e Sul (indicados na tabela 2).

Região	Cidade	N	%
Nordeste	Campina Grande	1	5,26
	Recife	13	68,42
Sudeste	São Paulo	3	15,79
Sul	Santa Maria	2	10,53
Total		19	100%

Tabela 2 – Cidade das instituições brasileiras dos autores do A.S.I. 9

Nos demais países, com um número menor de artigos, não apresentamos os resultados em uma tabela. Em terceiro lugar, temos o Chipre com oito autores de artigos. Desses, sete têm vínculo com duas instituições (Universidade do Chipre e Universidade Frederick) da cidade de Nicósia (capital do Chipre) e um vínculo com uma instituição da cidade de Latsia. Em quarto lugar, temos a Espanha e o Vietnã. Na Espanha, temos três pesquisadores ligados à cidade de Castellón (Universidade Jaume I de Castellón) e um autor da cidade de Valência (Complexo Educativo de Cheste). No Vietnã, temos dois autores da cidade de Can Tho, os outros dois das cidades de Danang e Caolanh. Na

Árgelia temos dois autores da cidade de Bugia. Na Rússia, Gabão, Grécia e Itália temos apenas um autor, sendo o da Rússia também ligado a instituição francesa.

4.2 Análise dos dados construídos pelo questionário

Através de um questionário aplicado com participantes do A.S.I.9, procuramos observar outras informações em relação aos participantes desse evento. Nem todos devolveram o questionário preenchido. Dessa forma, responderam ao questionário 21 pessoas. Antes do evento, aplicamos o questionário a uma pesquisadora de instituição francesa com pesquisa publicada no A.S.I.9 que não iria poder participar do evento, totalizando assim 22 pessoas. Dos que devolveram o questionário, tinha apenas um participante que, embora fizesse parte da organização do evento, não tinha artigo publicado no colóquio. Das 21 pessoas que responderam e tinham publicações no A.S.I.9, participaram como um dos autores em 31 das 35 comunicações selecionadas para os anais do evento, ou seja 88,57 %. A maioria dos entrevistados foi do sexo masculino (13 homens e 9 mulheres).

No questionário, procuramos observar a idade dos participantes do colóquio. Dos 22 que responderam o questionário, apenas um não preencheu o campo idade. O mais jovem tinha 33 anos e o mais velho 85 anos. Na tabela 3, apresentamos a distribuição por idade dos participantes (organizados em cinco intervalos). Podemos observar que o intervalo com mais participantes é o que vai de 33 a 43 anos, indicando uma continuação das pesquisas com outros pesquisadores que não fazem parte da criação e desenvolvimento nos anos iniciais da A.S.I.

Idade		
	N	%
33-43 anos	8	38,10
44-54 anos	5	23,81
55-65 anos	2	9,52
66-76 anos	4	19,05
77-87 anos	2	9,52
Total	21	100%

Tabela 3 – Idade dos autores que responderam o questionário.

Em duas questões, comparamos o país de nascimento e o país onde atualmente os pesquisadores realizam as pesquisas. Na tabela 4 apresentamos os resultados. A maioria dos pesquisadores nasceu na França (22,72%), sendo seguido pelo Brasil. Contudo, observamos a força da França em atrair pesquisadores, quando confrontamos o local de nascimento com o local onde atualmente realiza pesquisa. Nesse fator, a França passa de 8 para 15, quase dobrando o número de pessoas que, na ocasião do A.S.I.9, realizavam pesquisas na França.

	Nasceu		Realiza pesquisas	
	N	%	N	%
Argélia	2	9,09	2	9,09
Brasil	5	22,72	2	9,09
Camarões	2	9,09	0	0
Espanha	2	9,09	2	9,09
França	8	36,36	15	68,18
Grécia	1	4,55	1	4,55
Marrocos	1	4,55	0	0
Turquia	1	4,55	0	0
Total	22	100,00	22	100%

Tabela 4 – País de nascimento e país em que, na ocasião da aplicação do questionário, realizava pesquisas.

Levantamos a formação dos participantes no evento. Na tabela 5, apresentamos os resultados. Os resultados indicam o excelente nível dos participantes. A moda é doutor (7), sendo seguido por doutor com o título de HDR[15] (6) e estudante de doutorado (6). Houve quem respondeu mais de um nível. Contudo, consideramos para a tabela o nível mais alto[16].

	Formação		
		N	%
Estudante	Especialização	0	0
	Mestrando	1	4,55
	Doutorando	6	27,27
Profissional	Mestre	2	9,09
	Doutor	7	31,82
	HDR	6	27,27
Total		22	100%

Tabela 5 – Formação dos que responderam ao questionário.

Um outro aspecto relevante é como o pesquisador utiliza a A.S.I. (tabela 6). Um pesquisador poderia responder mais de uma opção no questionário. Por exemplo, ele pode informar que utiliza como ferramenta na pesquisa e também procura melhorar a ferramenta matemática-estatística. Dessa forma, o número de observações ultrapassa o número de indivíduos entrevistados. Apenas dois informaram que não conhecem a A.S.I. Um deles foi o único que estava no evento para conhecer a A.S.I. O segundo que afirmou, respondeu que não conhecia a A.S.I. Ele era aluno de mestrado, apesar de ter produzido um artigo utilizando a A.S.I., não obtivemos na época a razão dele não ter respondido a essa questão. Uma provável resposta é que, na análise dos dados, ele recebeu apoio de outro pesquisador participante da sua pesquisa. A maioria das respostas foi que a A.S.I. é utilizada como ferramenta para análise dos dados. Em segundo lugar, temos seis

[15] O título HDR significa habilitation à diriger des recherches (habilitação para dirigir pesquisas) que corresponde ao mais alto título universitário na França e outros países como a Áustria, Suíça, Suécia, Bulgária, Polônia, equivale ao título de livre docência no Brasil.

[16] Tomemos como exemplo quem tem HDR e respondeu além do HDR outros níveis como doutorado. Quem tem HDR tem doutorado e passou por outros níveis. Dessa forma, consideramos para quem respondeu HDR e doutorado, a resposta HDR.

pesquisadores que trabalham no avanço teórico ou das pesquisas matemática-estatística, o que é relevante para o avanço dessa área de conhecimento.

Sobre a A.S.I.:	N	%
Não conhece a A.S.I.	2	6,67
Utiliza como ferramenta para análise dos dados em sua pesquisa?	16	53,33
Realiza pesquisas sobre a A.S.I. (procurando melhorar a teoria e/ou como ferramenta de pesquisa matemática-estatística)?	6	20,00
Realiza pesquisa sobre a A.S.I. como objeto de ensino e aprendizagem?	3	10,00
Realiza pesquisa sobre a A.S.I. no quadro da didática da A.S.I.?	3	10,00
Total	30	100%

Tabela 6 – Relação com a A.S.I.

Além da A.S.I., o que mais de estatística o participante do colóquio utiliza em suas pesquisas? Procuramos levantar essa informação no questionário. Na tabela 7, apresentamos os resultados. Observamos que a maioria se limita a utilizar a estatística descritiva básica (43,48% dos entrevistados), embora tenhamos também em segundo lugar um número razoável que utiliza a inferência estatística (30,43%). Apenas dois não utilizavam outras ferramentas estatísticas.

Além da A.S.I., você utiliza outra ferramenta estatística na sua pesquisa?	N	%
Não utiliza.	2	8,70
Utiliza a estatística descritiva básica (tabelas e/ou gráficos e/ou média e/ou outras medidas de tendência central ou medida de dispersão).	10	43,48
Utiliza a estatística descritiva avançada (correlação, regressão).	4	17,39
Utiliza a inferência estatística.	7	30,43
Total	23	100%

Tabela 7 – Uso de outras ferramentas estatísticas.

Em relação ao CHIC será que todos os participantes conhecem esse software? Se conhecem, sabem como utilizar? E caso saibam utilizar, será que eles utilizam em suas pesquisas? Procuramos investigar isso também no questionário. Na tabela 8, apresentamos os resultados. Nesse caso, uma pessoa pode responder afirmativamente as três perguntas. Dos 22 entrevistados, apenas um respondeu que não conhecia o CHIC e acrescentou que conhecia pela fama, mas não o utilizava. Era o único que estava no colóquio como ouvinte para conhecer as pesquisas sobre a A.S.I.. Alguns trabalhos são realizados em equipes e pode um pesquisador ter um domínio de uma dada área do conhecimento, mas relegar a outro da equipe o tratamento dos dados com o software. Dessa forma, dos 22 que responderam o questionário, 18 afirmaram que sabem como utilizar o CHIC e 3 informaram que apesar de conhecerem, não sabem utilizá-lo.

Sobre o CHIC	N	%
Você conhece o CHIC?	21	95,45
Sabe como utilizar?	18	81,82
Utiliza em suas pesquisas?	20	90,91
Total de entrevistados:	22	-----

Tabela 8 – Uso do CHIC em suas pesquisas.

O R-CHIC se constitui em uma nova proposta para utilizar o CHIC. Foi programado utilizando a linguagem R e necessita de configurações especiais para utilizá-lo, ao contrário do CHIC que possui uma instalação bem simples. Para quem sabe programar utilizando a linguagem R, tem como grandes vantagens poder contribuir para o desenvolvimento do software. Para avaliar o uso do R-CHIC junto aos pesquisadores, levantamos as mesmas questões que apresentamos para o CHIC. Apresentamos na tabela 9 os resultados.

Sobre o R-CHIC	N	%
Você conhece o R-CHIC?	14	63,64
Sabe como utilizar?	8	36,36
Utiliza em suas pesquisas?	8	36,36
Total de entrevistados	22	-----

Tabela 9 – Uso do R-CHIC em suas pesquisas.

Confrontando os resultados das tabelas 8 e 9, observamos que o CHIC continua sendo ainda o principal software utilizado pelos pesquisadores. 81,82% afirmaram que sabem como utilizar o CHIC, contra 36,36% que sabem utilizar o R-CHIC. Essa diferença aumenta ainda mais quando confrontamos com os que utilizam em sua pesquisa. A grande maioria dos entrevistados utiliza em suas pesquisas o CHIC (90,91%) quando comparamos com o R-CHIC (36,36%).

4.3 Relação de quase-implicação com base de dados construída com o questionário

Para o tratamento dos dados utilizamos o CHIC 7. Escolhemos a implicação segundo a teoria clássica e a lei binominal. Foram selecionadas as opções: nós significativos, cálculo longo e cálculo dos intervalos.

Consideramos na construção do grafo implicativo o valor mínimo de 0,82. Esse valor permitiu a construção de um grafo significativo do ponto de vista estatístico. Utilizando as opções para diferenciar a intensidade de implicação pela cor, empregamos a cor vermelha para os maiores valores de intensidade de implicação (intensidade $\geq$. 0,90). Na cor azul, com uma intensidade em um segundo nível (0,90 > intensidade de implicação $\geq$ 0,88). Na cor verde, temos o terceiro nível escolhido (0,88 > intensidade de implicação $\geq$ 0,85). Na cor cinza, temos o quarto e último nível definido com cores (0,85 > intensidade de implicação $\geq$ 0,82).

Procuramos no grafo implicativo focar em algumas variáveis:

- Área de pesquisa (5DPAv, 5DPCe, 5DPDB, 5DPDC, 5DPDE, 5DPDF, 5DPInf, 5DPDM, 5DPPs, 5DPDQ, 5DPEs, 5DPSE, 5DPTICE);
- Sujeito da pesquisa (6SAlun, 6SProf, 6SEC, 6STeo, 6SOEst, 6SOASI, 6SOImg, 6SOEps, 6SOAva, 6SOImM);
- Em relação à A.S.I. (8ASInc, 8ASIFerr, 8ASITeoEst, 8ASIEnsApASI, 8ASIDidASI);
- Em relação à estatística (9EstNo, 9EstBas, 9EstAva, 9EstInf).

Para isso, utilizamos o cone selecionando essas variáveis. Fizemos isso por duas questões: primeiro por considerar essas questões pertinentes para pesquisa em relação à A.S.I. e segundo para evitar observações tautológicas como “Quem não conhece o R-CHIC não utiliza o R-CHIC” que obtivemos quando não usamos o modo cone. A seguir, fazemos uma interpretação dos caminhos.

Na figura 1, apresentamos o grafo implicativo resultante. Acrescentamos nesse grafo uma numeração para indicar a ordem de apresentação dos caminhos (da esquerda para a direita) e qual caminho nós estamos abordando. Em seguida, ampliamos a imagem de cada caminho e fizemos a interpretação.

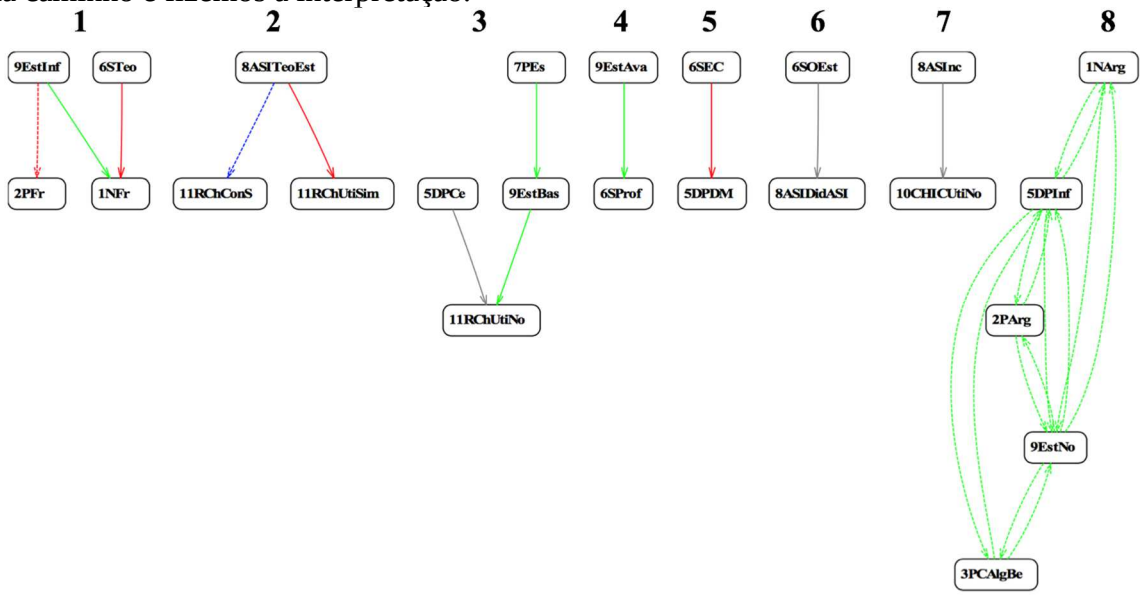
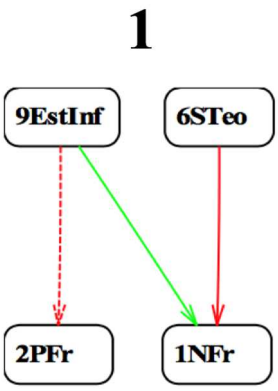


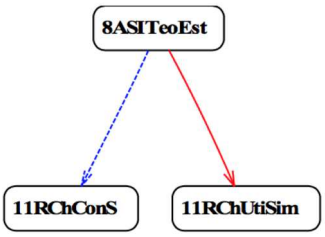
Figura 1 – Grafo implicativo produzido com dados do questionário.



Dos entrevistados, os que utilizam a inferência estatística (9EstInf) em sua pesquisa tendem a ser um pesquisador que, na ocasião da entrevista, realizava suas pesquisas na França (2PFr, com uma intensidade de implicação de 0,90) e que nasceu na França (1NFr, com uma intensidade de implicação de 0,85). Consideramos a inferência estatística como o mais alto nível de análise estatística. Alguns dos pesquisadores franceses são da área da Estatística. Nem todos os pesquisadores que utilizam a A.S.I. são dessa área. Alguns são da área de Educação, das Ciências Humanas etc., o que não impossibilita pesquisadores que não são estatísticos utilizarem a inferência estatística, um vez que a estatística é utilizada em diversos domínios.

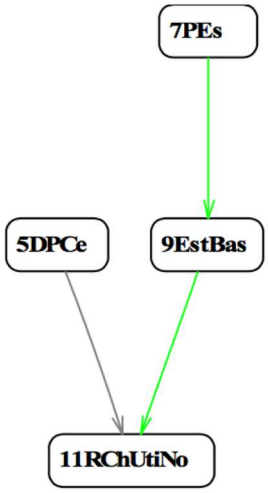
Observamos também, com uma intensidade de implicação de 0,93, que os que se dedicam à pesquisa teórica (6STeo) nasceram na França (1NFr). A A.S.I. enquanto ferramenta e enquanto teoria, surgiu na França idealizada por um pesquisador francês, Régis Gras. A este seguiram outros pesquisadores que desenvolvem pesquisas teóricas. Esse resultado indica a força da França na continuação do desenvolvimento teórico da A.S.I.

2



Os que afirmaram que efetuam pesquisas sobre a A.S.I. procurando melhorar tanto a parte teórica e/ou as ferramentas matemática-estatística (8ASITeoEst) tendem a conhecer o R-CHIC (11RCHConS), com uma intensidade de implicação de 0,90, e saberem como utilizar o R-CHIC (11RCHUtiSim), com uma intensidade de implicação de 0,92. O R-CHIC utiliza o R que é uma ferramenta que permite programar e realizar aperfeiçoamentos no software. Para quem realiza pesquisas procurando o melhoramento teórico e das ferramentas matemáticas, o uso do R-CHIC é fundamental, bem como dá maior liberdade de cada pesquisador realizar diretamente as modificações e testes das suas propostas. Essa ligação é pertinente, como também indica uma provável aproximação desses pesquisadores com essa ferramenta, o que é importante para o desenvolvimento da A.S.I.

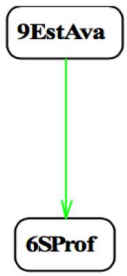
3



No primeiro caminho a esquerda temos uma indicação que os que realizam pesquisas na área das Ciências da Educação (5DPCe) não utilizam o R-CHIC (11RChUtiNo), com uma intensidade de implicação de 0,85. A maioria dos entrevistados não utiliza o R-CHIC. Observamos também uma relação de sua utilização pelos que querem fazer evoluir as pesquisas de natureza teórica/estatística-matemática (comentado no grafo anterior), o que nos leva a concluir que os que procuram utilizar a A.S.I. como ferramenta, tendem a não utilizar o R-CHIC. Isso se mostra mais evidente nos que utilizam em pesquisas aplicadas à área de Ciências da Educação (como indicado nessa relação de implicação). Contudo, como a instalação do R-CHIC exige um pouco mais de trabalho do que a instalação bem simples do CHIC e o CHIC é mais antigo do que o R-CHIC, o CHIC tem uma tendência natural de ser utilizado por mais pesquisadores, com tudo isso pode mudar com o tempo.

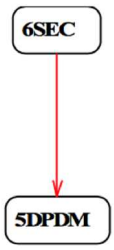
O segundo caminho indica uma relação de quase implicação com uma intensidade de 0,86 no qual os estudantes (7PEs) procuram limitar-se à utilização da estatística básica (9EstBas). Por sua vez, com uma intensidade de implicação de 0,86, os que utilizam a estatística básica em suas pesquisas não utilizar o R-CHIC (11RChUtiNo).

4



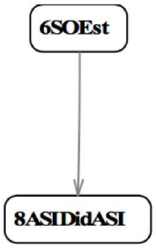
Nesse caminho, observamos que os que utilizam a estatística descritiva avançada (9EstAva) focam nas pesquisas com professores (6SProf), com uma intensidade de implicação de 0,85.

5



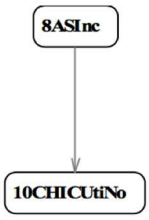
Nesse percurso, temos que os que em suas pesquisas se dedicam ao desenvolvimento de conceitos (6SEC) estão mais associados aos que realizam pesquisas na área da Didática da Matemática (5DPDM), com uma intensidade de implicação de 0,92.

6

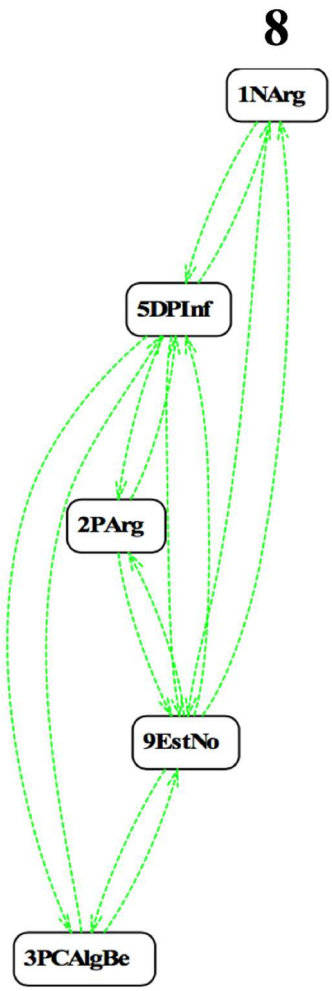


Os que têm como sujeito da pesquisa a Estatística (6SOEst) se dedicam a estudos no quadro da Didática da A.S.I. (8ASIDidASI), com uma intensidade de implicação de implicação de 0,83. Para o desenvolvimento da A.S.I., consideramos relevante não apenas o desenvolvimento teórico/matemático-estatístico, como também da Didática da A.S.I. Esse campo possibilita um avanço no ensino e ampliação dos especialistas que utilizam a A.S.I. em suas pesquisas. Esses resultados indicam uma relação de causa e efeito relevante para o desenvolvimento da A.S.I.

7



Temos nesse caminho que os que não conhecem a A.S.I. (8ASInc) tendem a não saber utilizar o CHIC (10CHICUtiNo), com uma intensidade de implicação de 0,83. Essa relação aparentemente óbvia, destaca um elemento fundamental. Utilizar a ferramenta CHIC, gerar os gráficos sem saber interpretar à luz da A.S.I., seria uma incoerência e levaria a interpretações inadequadas. Dessa forma, o resultado indica uma consequência natural que tende a ser respeitada por parte considerável dos entrevistados.



Observamos no caminho apresentado ao lado, a presença de uma dupla quase implicação, ou seja, tanto uma variável é causa e ao mesmo também é consequência da outra. O fato de uma pessoa da pesquisa ter nascido na Argélia (1NArg) pode ter como objeto de pesquisa a informática (5DPInf), como também a recíproca é verdadeira, com uma intensidade de implicação de 0,85. Analisando os dados, observamos que temos apenas dois entrevistados da Argélia e esses dois foram os únicos que indicaram ter como área de pesquisa a informática. Temos pesquisas ligadas à informática com pesquisadores de dezenas de países. Contudo, ao restringirmos aos pesquisadores presentes no colóquio e que responderam ao questionário, isso ficou limitado à Argélia. Destacamos que essa resposta foi categorizada em "outros", o que foge às respostas padronizadas do questionário. Também não fica claro que campo da informática. Nessa mesma pesquisa, um pesquisador nascido na Turquia indicou TICE, uma resposta mais completa que indica pesquisas na área de ensino utilizando tecnologias da informação e comunicação.

Observamos também que os que indicam objeto de pesquisa à informática (5DPInf) realizam suas pesquisas na Argélia (2PArg) e vice-versa. Também observamos que os que realizam pesquisas na Argélia, tendem a não utilizar outras ferramentas estatísticas, além da A.S.I.. Os dois pesquisadores da Argélia realizam pesquisas na cidade de Bugia e isso aparece no grafo pela indicação dessa variável (3PCAlgBe), estabelecendo relação de dupla quase implicação com outras duas variáveis.

5 Considerações finais

Neste artigo, apresentamos o resultado de uma pesquisa sobre a constituição desse campo de saber ligado à A.S.I. Apresentamos o crescimento das pesquisas nos eventos ASI, a distribuição por países de diferentes instituições, o que indica um crescimento e expansão da A.S.I. em diferentes países, sobretudo no Brasil. Observamos a utilização da A.S.I. como ferramenta de pesquisas em diferentes campos do conhecimento, tais como: utilização no campo do ensino da A.S.I., da Didática da A.S.I., do desenvolvimento teórico e das ferramentas teórico-matemáticas, bem como das ferramentas informáticas. Isso vem proporcionando o constante desenvolvimento dessa área. Através da análise dos anais, e sobretudo (o foco desse artigo) das respostas do questionário, obtivemos informações que possibilitam ter um diagnóstico dos pesquisadores, campos de pesquisa, cidades e países que utilizam a A.S.I. A Estatística descritiva nos permitiu ter uma visão geral dos dados do questionário. Contudo, através do grafo implicativo foi possível observar outras informações importantes que não apareceram na Estatística descritiva, como, por exemplo, uma tendência dos pesquisadores que procuram melhorar tanto a

parte teórica e/ou as ferramentas matemática-estatística de utilizarem o R-CHIC. Essa tendência vem a destacar a contribuição do trabalho de Rafael Couturier na implementação do R-CHIC. Destacamos a importância de aprofundar os estudos apresentados com outras análises em futuras pesquisas.

Referências

[1] Andrade, V. L. V. X. de., Régnier, J-C., Andrade, P. V. C. C. (2017), As produções na área de ensino de Ciências e Matemática nas comunicações nos colóquios internacionais sobre Análise Estatística Implicativa. Em J-C Régnier, R. Gras, R. Couturier, A. Bodin (editeurs), *Analyse Statistique Implicative. Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques*. Anais do *9ème colloque d'Analyse Statistique Implicative* (p. 555-567). Belfort, France: Université Bourgogne Franche-Comté - Besançon.

[2] Couturier, R., Bodin, A., Gras, R. (2003), A Classificação Hierárquica Implicativa e Coesiva. Anais do 2ème colloque d'Analyse Statistique Implicative (p.1-22). São Paulo: Pontifica Universidade Católica de São Paulo.

[3] Gil, A. C. (2002), *Como elaborar Projetos de Pesquisa*, 4. ed., Atlas, São Paulo.

[4] Gras, R. (1979), *Contribution à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs didactiques*, Thèse d'état, Université de Rennes 1.

[5] Gras, R. (1996), *Implication statistique*. *Nouvelle Méthode Exploratoire de Données*. La Pensée Sauvage Éditions, Grenoble.

[6] Gras, R., Régnier, J-C. (2015), Origem e Desenvolvimento da Análise Estatística Implicativa (A.S.I.). Dans Valente, J. A., Almeida, M. E. (Org.). *Uso do CHIC na formação de educadores: à guisa de apresentação dos fundamentos e das pesquisas e foco*, Letra Capital, Rio de Janeiro.

[7] Gras, R. (2015), Prefácio: Uso do CHIC na Formação de Educadores. Dans Valente, J. A., Almeida, M. E. (Org.). *Uso do CHIC na formação de educadores: à guisa de apresentação dos fundamentos e das pesquisas e foco*, Letra Capital, Rio de Janeiro.

[8] Gras, R. (2020), Uma retrospectiva histórica da Análise Estatística Implicativa. Em Régnier, J-C, Andrade, V. L. V. X. de (Org.). *Análise Estatística Implicativa e Análise de Similaridade no Quadro Teórico e Metodológico das Pesquisas em Ensino de Ciências e Matemática com a utilização do software CHIC*, Editora da UFRPE, Recife.

[9] Lerman, I. C.; Gras, R.; Rostam, H. (1981a), Élaboration et évaluation d'un indice d'implication pour des données binaires I. *Mathématiques et Sciences Humaines*, Paris, v. 74, p.5-35.

[10] Lerman, I. C.; Gras, R.; Rostam, H. (1981b), Élaboration et évaluation d'un indice d'implication pour des données binaire II, *Mathématiques et Sciences Humaines*, Paris, v. 75, p.5-47.

[11] Pereira da Cunha, D., Acioly-Régnier, N. M., Lima Ferreira, A. (2015), A formação humana dos educadores através das comunicações nos colóquios internacionais sobre Análise Estatística Implicativa (A.S.I.): caso dos colóquios A.S.I. 5, A.S.I. 6 e A.S.I. 7. In J.-C. Régnier et al. *Analyse statistique implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales Actes du 8ème colloque d'Analyse Statistique Implicative* (p. 602-622), Tunísia: Institut Supérieur des Études Technologiques de Radès.

[12] Valente, J. A.; Almeida, M. E. B. de (2015), *Uso do CHIC na Formação de Educadores: à guisa de apresentação dos fundamentos e das pesquisas em foco*, Letra Capital, Rio de Janeiro.

Anexo - questionário

Questionnaire Questionnaire pour réalisation de recherche dans le cadre du PVE-PPGEC-UFRPE.	☐☐☐☐ (ne rien inscrire dans ce cadre)

Merci pour votre participation dans cette recherche

1. Lieu d'application :

☐ ADATIC ☐ A.S.I. 9

2. Identification

Votre nom : _____

3. Date de naissance

(jour/mois/année) : _____/_____/_____

4. Pays de naissance **:** _____

5. Sexe

☐ Masculin ☐ Féminin

6. Lieu d'origine (si vous avez déménagé pour faire la formation/recherche dans un autre pays).

Ville/pays d'origine : _____

Institution (d'origine) _____

7. Lieu où vous effectuez actuellement vos recherches

Ville : _____Pays_____

Établissement/institution _____

8. Niveau de formation :

☐ Étudiant (e) de Master 1	☐ Étudiant (e) de Master 2	☐ Étudiant (e) de Doctorat	☐ Maître	☐ Docteur	☐ HDR

9. Dans quels domaines effectuez-vous des recherches?

☐Didactique des Mathématiques.	☐Didactique de la Statistique.	☐Didactique de la Physique.	☐Didactique de la Chimie.	☐Didactique de la Biologie.
☐Didactique des Sciences.	☐Santé.	☐Informatique.	☐Psychologie.	☐Sociologie de l'Éducation.

☐Autre (expliciter): _____

10. Sujet de vos recherches

☐ Recherches avec des professeurs	☐ Recherches avec des élèves/étudiants	☐ Recherches avec l'enseignement des concepts	☐ Recherches théoriques

☐Autre (expliciter): _____

11. Profession : Quelle est votre profession ?

☐ Professeur ☐ Chercheur ☐ Professeur/chercheur ☐ Étudiant

☐ Autres (expliciter) _____

12. En relation à l'Analyse Statistique Implicative :

☐ Vous ne la connaissez pas

☐ Vous l'utilisez comme outil pour analyser des données dans vos recherches.

☐ Vous effectuez des recherches sur A.S.I. (en cherchant à l'améliorer en tant que théorie et / ou ses outils de recherche mathématique-statistique)

☐ Vous effectuez des recherches sur A.S.I. comme objet d'enseignement et d'apprentissage

☐ Vous réalisez des recherches sur l'A.S.I. dans le cadre de Didactique d'A.S.I.

13. Utilisez-vous des statistiques dans vos recherches ?

☐ Non

☐ J'utilise la statistique descriptive basique (tableaux et/ou graphiques et/ou moyen et/ou d'autres mesures de tendance centrale ou mesure de dispersion)

☐ J'utilise la statistique descriptive avancée (corrélation, régression)

☐ J'utilise l'inférence statistique

14. À propos de CHIC

Connaissez-vous ce logiciel ?

☐ Oui ☐ non

Savez-vous comment l'utiliser ?

☐ Oui ☐ non

L'utilisez-vous dans vos recherches ?

☐ Oui ☐ non

15. À propos de R-CHIC

Connaissez-vous ce logiciel ?

☐ Oui ☐ non

Savez-vous comment l'utiliser ?

☐ Oui ☐ non

L'utilisez-vous dans vos recherches ?

☐ Oui ☐ non

CONTENUS D'IMAGES DES CAMPAGNES PRÉSIDENTIELLES DE 2007 ET 2012 DANS LA PRESSE ÉCRITE FRANÇAISE À LA LUMIÈRE DES CÔNES IMPLICATIFS

Marie Sophie MADIBA [1], Nadja Maria ACIOLY-RÉGNIER[2] et Jean-Claude RÉGNIER[3]

CONTENT PICTURES OF PRESIDENTIAL CAMPAIGN OF 2007 AND 2012 IN THE FRENCH PRINTED PRESS AND IMPLICATIVE CONE

RÉSUMÉ

Cet article a pour objectif d'analyser et d'interpréter la nature des relations entre les catégories thématiques issues de l'analyse des UNES des journaux de la presse écrite française pour donner un regard interprétatif des campagnes présidentielles de 2007 et 2012. En recourant à l'analyse statistique implicative (ASI), nous avons cherché à analyser et interpréter en quoi la position des variables issues du graphe implicatif peut être un indicateur du sens donné par les journaux aux campagnes présidentielles de 2007 et 2012. À partir du logiciel CHIC 6, nous avons alors converti le graphe implicatif sous le mode cône implicatif dans le but d'identifier les variables et les chemins implicatifs pouvant aider à dégager les logiques de structuration des axes thématiques retenus par les journaux d'étude pour communiquer sur les campagnes présidentielles. Le cône implicatif désigne une forme graphique centrée sur un sommet principal, une variable, vers laquelle sont susceptibles de converger une ou plusieurs variables à la manière des « causes » ou de laquelle sont issues des liens vers une ou plusieurs variables interprétables comme « conséquences ». En guise de cadre théorique, nous nous sommes appuyés sur la théorie historico-culturelle du psychisme dans le but d'interroger le rôle d'instrument technique que peuvent jouer les outils de langage des catégories d'images issues de premières pages de couvertures de journaux, encore appelées UNES. L'approche méthodologique de l'étude repose sur l'analyse de contenu des images des UNES de 3 types de journaux de la presse écrite ainsi que sur une analyse psycho-socio-sémio-linguistique. Les résultats montrent que la nature des liens entre les variables du graphe implicatif est principalement narrative mais nous relevons aussi des dimensions persuasives, informatives et pragmatiques. Nous relevons également la présence d'une dimension prédictive des messages médiatiques illustrée par le fait que les journaux mettent l'accent sur certains candidats qui peuvent avoir un effet sur le choix du futur président élu. La comparaison est aussi l'un des procédés les plus utilisés dans les contenus d'images de journaux. Nous avons observé que les discours des médias se focalisent sur 10 à 12 candidats puis, sur 3 à 5 candidats après le premier tour des élections. Ceci constitue un indicateur de la mise en visibilité de certaines idéologies politiques au détriment de certaines autres.

Mots-clés : *contenus d'images, cône implicatif, presse, campagnes présidentielles.*

ABSTRACT

This paper have the aim to analyse and interpret the nature of links between thematic categories steeming from the first coverture newspapers of the french press to give an interpretative view of presidential campaign of 2007 and 2012. From Statistical Implicative

[1] UMR 5191 ICAR - ED 485 EPIC, 86 Rue Pasteur, 69007, Lyon, madibamariesophie@yahoo.fr

[2] EA 4571 ECP- INSPE-Université Lyon 1, nadja.acioly-regnier@univ-lyon1.fr

3 UMR 5191 ICAR -Lyon (France) National Research Tomsk State University (Tomsk Sibérie Russie), jean-claude.regnier@univ-lyon2.fr

Analysis (SIA), we want to analyse and interpret how the position of the variables coming from implicative graph can be an indicator of the meaning given by newspapers to the presidential campaigns of 2007 and 2012. Through the software CHIC, we have converted the implicative graph to an implicative cone in order to identify variables and implicative ways which could help to extract structuration of thematic categories suggested by the study corpus to explain presidential campaigns. The implicative cone is a graphic shape with a principle top or one variable to which may be associated two or more variables at the upstream or downstream of these ones. Regarding our theoritical frame, we have used historical-cultural theory of Vygotski (1985) for question the role of technic instrument than can play language tools coming from pictures of the first pages of covertures of newspapers called UNES. The methodology is based on a content analysis (Bardin, 1993) of pictures of 3 types of newspapers as well as a psycho-socio-semio-linguistic analysis. The results show that the nature of the links between variables of the implicative graph are mainly narrative but we have another persuasive, informative and pragmatic dimensions. We have also some predictive dimension illustrated by the fact that the newspapers show some candidates which can have some effect to the choice of the future president elected. We have found diversity of daughter variables which help to retrace narrative diagram of presidential campaigns with the evolution of different moments of campaigns. Comparaison is also the most used process in the content pictures. We have also observed that the discourses of media are focus on 10-12 candidates, then on 3-5 candidats after the first election round. That can be some indicator of visibility of some politic ideologies to the detriment of some other.

Keywords: *pictures content, implicative cone, press, presidential campaigns.*

1 Introduction

Cet article porte sur l'analyse et l'interprétation des catégories thématiques issues de l'analyse de contenu des UNES de journaux de la presse écrite pour mieux comprendre les enjeux des campagnes présidentielles de 2007 et 2012 en France. Il prend appui sur les travaux conduits par Madiba (2018). Il s'inscrit dans le champ de l'éducation aux médias dont la finalité est de décrypter et comprendre les langages médiatiques en tenant compte de leurs contextes de production et des idées que ceux-ci sont susceptibles de véhiculer. L'éducation aux médias a pour but de « s'interroger sur les modalités de réception des messages des différents médias et chercher à comprendre la nature de leurs effets en commentant et en se prononçant sur les idées, les valeurs et les points de vue qu'ils véhiculent » (Piette, 2007). Un premier objectif pour cet article est de questionner, analyser et interpréter via l'analyse statistique implicative (ASI) la nature des liens de quasi-implication entre les catégories thématiques déduites de journaux portant sur les campagnes présidentielles à partir du graphe implicatif. L'ASI offre la possibilité « d'établir des règles d'association à partir d'un ensemble de données croisant sujets et variables. Le but initial de cette méthode est de répondre à la question : « si un objet possède une propriété, est-ce qu'il en possède une autre ? » (Couturier et Almouloud, 2009), (Gras, Régnier, Marinica, Guillet, 2013). (Gras, Régnier, Marinica, Lahanier-Reuter, Guillet, 2017). En outre, elle constitue un cadre théorique d'analyse offrant la possibilité de dégager les formes d'agencement potentiellement mises en œuvre pour la construction du sens et des significations d'une situation ou d'un objet d'étude. Par conséquent, un deuxième objectif de cet article est d'analyser et d'interpréter la contribution des variables et chemins implicatifs au regard interprétatif des journaux sur les campagnes présidentielles de 2007 et 2012.

Pour atteindre ces objectifs nous avons posé les questions suivantes :

- Dans quelle mesure l'analyse et l'interprétation de la nature des liens entre les variables représentant les axes thématiques d'explication des campagnes

présidentielles des journaux contribuent-elles à donner des indicateurs sur le regard interprétatif de ces derniers au sujet des campagnes présidentielles propres à une période donnée et à un contexte socio-culturel ?

- Quels rôles jouent les variables « filles », « mères » et « centrales » identifiées par la représentation en cônes implicatifs dans le décryptage du sens donné par les journaux aux campagnes présidentielles ?
- Quelle lecture interprétative des cônes implicatifs issus du graphe implicatif pouvons-nous avoir ?
- Comment interpréter les résultats au regard des différents enjeux des médias mais aussi de la spécificité de la thématique (élection présidentielle) en fonction d'un contexte sociohistorique et culturel donné.

L'enjeu est ici de contribuer à dégager la nature des outils de langage médiatique et procédés inhérents aux catégories thématiques qui participent à la diffusion des savoirs médiatiques non formels à propos d'une élection présidentielle. Dans une première partie nous présenterons le contexte d'étude, les cadres théorique et méthodologique. Dans une seconde partie, nous traiterons des résultats obtenus à partir de l'analyse et l'interprétation du graphe implicatif et de la position des variables filtrées par les cônes implicatifs au travers du logiciel CHIC 6 (classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive).

2 Contexte de recherche

Des études sur le rôle de l'analyse statistique implicative (ASI) pour l'étude des images ont déjà été conduites antérieurement (Guénot et Régnier, 2009, 2010, 2017), (Guénot, 2016). Elles ont notamment porté sur le rôle de l'ASI dans l'analyse des données en histoire de l'art dans le domaine de l'iconographie médiévale afin de dégager des représentations et des significations des iconographies inhérentes à l'ascension du Christ. Dans le même temps, Acioly-Régnier et Régnier (2009) s'étaient intéressés via une étude clinique sur la méthode, les savoirs et les cadres théoriques utilisés par Guénot (chercheuse en histoire de l'art) au cours de sa thèse pour donner du sens à l'analyse et l'interprétation des résultats fournis par les graphes implicatifs appliqués à son corpus d'images. Par ailleurs, d'autres travaux sur l'analyse statistique implicative non spécifiquement liés à l'analyse des images ont permis de développer ce cadre théorique dans différents domaines scientifiques à l'instar de la psychologie, de la didactique des mathématiques, de la sociologie, etc. (Gras, Suzuki, Guillet & Spagnolo, 2008), (Orus, Zamora et Gregori, 2009), (Régnier, Gras, Spagnolo et Di Paola, 2011), (Régnier, Bailleul et Gras R., 2012), (Gras, Régnier, Marinica et Guillet, 2013), (Régnier, Ag Almouloud et Gras 2013), (Régnier, Slimani, Gras, Ben Tarbout et Dhouibi, 2015). Notre travail intervient à la suite de notre précédente contribution (Madiba et Acioly-Régnier, 2017) lors du colloque ASI 9 à Belfort en 2017 qui portait sur les apports de l'ASI à l'étude comparative des types d'images. Ici, nous allons nous intéresser aux contenus thématiques des images des campagnes présidentielles de 2007 et 2012 des journaux de la presse écrite française. Nous avons généré via le logiciel CHIC.6, les graphes implicatifs permettant de croiser l'ensemble des variables correspondant aux catégories thématiques de journaux portant sur les campagnes présidentielles de 2007 et 2012. Toutefois, nous voulions, en particulier, dégager et interpréter la place et la nature des

variables pouvant nous permettre de mettre en perspective les logiques de structuration de choix de catégories thématiques issues des images des UNES de couverture des journaux d'étude. Nous emploierons le mot **catégories thématiques** pour désigner des thèmes (au sens de Robert et Bouillaguet, 2002, p. 28) dégagés lors de la phase de décryptage, de classement et de caractérisation des images des UNES de journaux. En effet, le logiciel CHIC.6 donne la possibilité d'obtenir une représentation sous la forme des graphe implicatifs pouvant fournir des réponses provisoires sur le sens à donner à la hiérarchisation de variables liées à une situation donnée. Néanmoins, le graphe implicatif « ne se réduit pas à un chemin linéaire puisque à une même « cause » peuvent être associés plusieurs « effets » et un « effet » peut être le fruit de plusieurs "causes" » (Gras, 2013, p. 5). Le logiciel CHIC.6 donne également la possibilité de partir d'un graphe implicatif pour le ramener à un cône implicatif. Ce qui permet au chercheur d'analyser la place de certaines variables dans la construction du sens et des significations que celui-ci souhaite donner à sa question d'étude**.**

L'idée de cône implicatif renvoie à une forme graphique reliée à des variables situées en amont et/ou en aval d'un chemin implicatif. Étant donné la présence de variables situées à deux niveaux : (hauteur et base), Lahanier-Reuter et *al*., (2015), ont utilisé les termes de variables-mères et variables-filles rattachées à une variable centrale pour caractériser les positions des variables dans un graphe sous la forme de cône implicatif. On peut alors se demander quels rôles jouent les variables « filles », « mères » et « centrales » des cônes implicatifs dans le décryptage du sens donné par les journaux aux campagnes présidentielles ? Quelle lecture interprétative du cône implicatif issu du graphe implicatif ? L'analyse des cônes implicatifs a déjà fait l'objet de travaux présentés dans les colloques ASI 7-2013[4] et ASI 8-2015[5]. Les contributions scientifiques de Lahanier-Reuter et *al* ., (2015) se sont penchées sur les conditions pouvant permettre de donner une forme de signification et de cohérence à l'interprétation d'un cône implicatif. Ainsi, ces derniers assimilent le cône à « un entonnoir, un objet de type déversoir où confluent divers affluents et d'où repartent de nouveaux réseaux absorbant les flux de l'amont » (Lahanier-Reuter et al, 2015, p. 82). Ils montrent notamment la nécessité de prendre en compte les arêtes du cône tout autant que la variable centrale ici le sommet du cône. Cette étude revêt un intérêt pour la compréhension préalable de l'analyse des variables et du type de relations que celles-ci peuvent entretenir. Bien qu'un cône implicatif puisse comporter différentes variables comme arêtes, celles-ci n'ont pas nécessairement de relations entre elles. De même, Bailleul et Leroyer (2017) ont effectué une étude sur le rôle de « variables nodales » dans l'explication du graphe implicatif à partir d'une étude sur la représentation du métier d'enseignant auprès des professeurs d'écoles en formation. Aussi, ces derniers considèrent la variable nodale comme la variable attractrice. Ils ont pu analyser le rôle de quelques variables d'un graphe implicatif, et, surtout le changement de la position d'une variable en passant du graphe implicatif à l'étude des variables sous le mode de cône implicatif à partir du logiciel CHIC. Au terme de leurs résultats, ils dégagent trois catégories de variables selon l'orientation du graphe implicatif afin d'apporter une explication plausible aux différents groupes et chemins implicatifs obtenus à partir du graphe implicatif issu du logiciel CHIC. Les catégories de graphes (Bailleul et Leroyer, 2017, p. 64) suivantes sont inférées : variable nodale « concentratrice » (avec en amont un sommet vers lequel converge les variables et en aval une seule variable fille) ; « diffusatrice » (avec en amont

[4] Brésil : http://sites.univ-lyon2.fr/asi/7/
[5] Tunisie : http://sites.univ-lyon2.fr/asi/8/

un sommet vers lequel converge une seule variable et en aval on a plusieurs variables) ; « répartitrice » (une variable centrale et plusieurs au-dessus et en bas du sommet).

2.1 Cadres théorique et méthodologique

En guise de cadre théorique, nous nous appuyons sur la théorie historico-culturelle du psychisme (Vygotski, 1934/1985) afin d'interroger le rôle d'instrument technique que peuvent jouer les outils de langage des catégories d'images résultant de premières pages de couvertures de journaux encore appelées UNES. Nous nous servirons également de quelques approches d'étude des médias (Piette et Giroux, 1996) afin d'analyser et d'interpréter dans quelle mesure les contraintes de production des journaux (informer, représenter, faire vendre, faire agir, faire circuler et diffuser des idées ou pensées) participent à leur production de sens et de significations au sujet des campagnes présidentielles. Les approches d'étude (culturelle, critique, cultural studies, sémiologique, …) des médias peuvent permettre de mieux appréhender la nature des logiques implicites susceptibles d'orienter la construction, la diffusion et la circulation des messages médiatiques. En effet, les médias « sont activement impliqués dans un processus de construction ou, mieux encore, de « re-présentations » de la réalité » (Piette, 1995, p. 45). Ici, nous abordons une question publique importante, l'élection présidentielle, dont l'enjeu est de nommer un personnage politique qui aura la plus haute fonction d'un État. Les travaux de Gerstlé et al., (1992) sur la médiatisation des campagnes présidentielles résument quelques catégories thématiques utilisées par les médias dans le cadre des campagnes présidentielles à savoir : la description des faits et gestes des acteurs, le bilan des résultats, les commentaires des déclarations d'acteurs politiques et l'explication des enjeux ou thématiques sociales et sociétales des élections. Ainsi, un deuxième enjeu de cet article est celui de contribuer à l'analyse des choix d'outils de langage utilisés par les journaux pour désigner, décrire et qualifier une question démocratique et publique importante. Ce qui suppose que les messages médiatiques sont orientés par des cadres définis comme cette manière « de percevoir, d'identifier et de classer un nombre apparemment infini d'occurrences » (Goffman et al., 1991, p. 30) ; mais aussi « d'interpréter une situation » (Joseph, 2009, p. 123). La problématique des médias est celle de l'opération de fabrication de sens via le choix d'outils, de procédés et de logiques de co-construction devant faciliter le décryptage de leur regard interprétatif sur la question du choix d'un Président de la République. Sur le plan méthodologique, nous avons mobilisé une approche psycho-socio-sémio- linguistique afin de prendre en considération le rôle de la forme et du texte dans la construction du sens donné par les journaux via le choix d'outils iconiques, plastiques (prenant en compte l'ordre d'agencement des contenus d'images, le plan retenu, les formes, les couleurs) et linguistiques. L'ensemble des variables décrit un corpus initial de 239 éditions de UNES couvrant la période du 16 avril au 12 mai des années 2007 et 2012. On retrouve ci-dessous le tableau des 42 variables d'étude construites. Afin de dégager les catégories thématiques, nous avons réalisé une analyse de contenu (Bardin, 1993). Pour constituer des catégories thématiques que nous avons modélisées par des variables, nous avons dû procéder à plusieurs phases d'analyse. Ces dernières opérations ont notamment consisté à repérer les types d'images, les éléments linguistiques et plastiques (liés à l'esthétique et la forme) qui les accompagnent en tenant également compte du contexte (date du jour, cadre spatio-temporel et physique). Ceci a nécessité de prendre en compte les différentes périodes inscrites dans la chronologie des campagnes présidentielles. Nous avons réparti les

thèmes déduits de l'analyse de contenu des UNES en 42 variables après avoir effectué une analyse des différences et des similitudes entre les contenus des outils langagiers des images. Ces 42 variables dégagées ont été aussi construites en fonction des moments clés ou épisodes pluriels des élections présidentielles. Nous avons alors répertorié des thématiques récurrentes comme celles liées notamment aux débats, aux différents tours et résultats de campagne et aux communications des personnages politiques. Nous avons également tenté de questionner les différences de contenus d'images entre l'année 2007 et 2012. Nous avons aussi relevé la quantité de UNES consacrées à une thématique quand celle-ci était présente dans un journal. C'est via l'analyse et la combinaison du texte, de l'image et des instruments plastiques (liés à la forme et l'esthétique) de langage des médias que nous avons pu attribuer un nom de thème aux UNES de journaux décrites alors sous la forme de variables ou de catégories thématiques. Parmi les différences que nous avons relevées entre les types de UNES, nous avons notamment identifié le nombre de personnages présents. Par ailleurs, nous avons remarqué des spécificités dans quelques thématiques des UNES en 2007 et 2012. À titre d'exemple, nous découvrons qu'il n'y a pas d'images de UNES consacrées à la fois aux élections présidentielles et à la commémoration de l'armistice en mai 2007.

Conformément aux modalités de codage adapté aux traitements avec le logiciel CHIC.6, nous avons réalisé un tableau sous Excel croisant les 6 journaux d'étude et les noms des catégories thématiques déduits de l'analyse de contenu des images et ce pour les années 2007 et 2012. Nous avons utilisé un codage numérique avec des valeurs entre 0 et 1 qui correspondent à la fréquence d'apparition des catégories thématiques dans les UNES des journaux de 2007 et 2012. Le corpus total (Madiba, 2018) est constitué de 293 images extraites des 239 éditions des journaux suivants : trois journaux gratuits (*20 Minutes*, *Métro* et *Lyon Plus*), un journal régional (*Le Progrès*) et deux journaux quotidiens nationaux (*Le Figaro* et *Le Monde*). 0 indique donc l'absence de certaines catégories thématiques. Nous retrouvons ci-dessous le descriptif des 42 variables d'étude.

Numéros	Nom de variable	Caractéristiques
V 01	Compétition candidats	Titres et images faisant référence à une lutte ou un combat entre les candidats
V 02	Critique candidats	Caricatures, messages linguistiques mettant en exergue ironie, métaphore et hyperbole
V 03	Meetings	Décors montrant les candidats face au pupitre avec des personnes rassemblées Drapeaux, symboles de partis, mains levées et mains jointes
V 04	Discours candidats	Images de candidats et citations de ceux-ci
V 05	Stratégies de candidats	Titres et images sur les actions des candidats pour conquérir les électeurs ou leurs adversaires
V 06	Débat Royal et Sarkozy	[6]Icônes des candidats, micros, plateau télévisé, journalistes, titres, date
V 07	Débat Hollande et Sarkozy	Icônes des candidats, micros, plateau télévisé, journalistes, titres, date
V 08	Décision Bayrou	Icône de Bayrou, titre, micro
V 09	Président élu	Date du 7 mai 2007, image du candidat élu
V 10	Bayrou François	Icône du personnage
V 11	Sarkozy Nicolas	Icône du personnage
V 12	Royal Ségolène	Icône du personnage
V 13	Hollande François	Icône du personnage
V 14	Mélenchon Jean-Luc	Icône du personnage
V 15	Joly Eva	Icône du personnage
V 16	Le Pen Marine	Icône du personnage
V 17	Le Pen Jean-Marie	Icône du personnage
V 18	Membres du PS	Hommes politiques du parti socialiste (PS)
V 19	Membres de l'UMP	Hommes politiques de l'Union pour un mouvement populaire (UMP)
V 20	Débats des candidats	Référence au débat entre les candidats et leur présence iconique
V 21	Plateau de débat	Référence au débat télévisé en l'absence des candidats
V 22	Vote	Icônes et titres d'actions de voter, urne, main, enveloppe, bureau de vote
V 23	Comparaison Royal et Sarkozy	Icônes et titres associant les deux candidats dans un même emplacement
V 24	Comparaison Hollande/Sarkozy	Icônes et titres associant les deux candidats dans un même emplacement
V 25	Résultats	Bulletins de vote, titres, mains, enveloppes
V 26	10-12 candidats	Icônes, affiches, programmes des candidats et titres (message linguistique)
V 27	Soutiens au Centre	Couleur du parti, référence dans le titre au centre et au soutien
V 28	Démocratie et vote	Urne, situations de guerre, chars, talibans, capitaines d'armée, symboles et icônes, bonnet phrygien, icônes de candidats
V 29	3-5 candidats	Icônes, affiches, programmes des candidats et titres (message linguistique)
V 30	Sarkozy, Bayrou et Royal	Icônes et titres faisant référence aux 3 personnages
V 31	Royal et Bayrou	Icônes et titres faisant référence aux 2 personnages
V 32	Vote premier tour	Résultats du premier tour avec ou sans les icônes des candidats
V 33	Vote deuxième tour	Résultats du deuxième tour avec ou sans les icônes des candidats
V 34	Appel au vote	Invitation implicite et ou explicite au vote avec ou sans action de vote

Tableau 1a-Codage des contenus d'images de journaux comme variables en 2007 et 2012

[6] Représentation visuelle ayant un fort rapport de contiguïté avec le personnage physique montré

Numéros	Nom de variable	Caractéristiques
V 35	Départ passation/préparatifs	Préparatifs du départ du président sortant et accueil du nouveau président
V 36	Passation officielle	Date et scène de passation officielle avec les deux présidents
V 37	Sondages vote	Images et titres faisant référence aux sondages
V 38	08 mai armistice	Cérémonie et référence à la commémoration de l'armistice du 8 mai 1945
V 39	Programmes 5 candidats	Icônes des personnages et couverture de programmes de 5 candidats
V 40	Programmes 10 candidats	Icônes des personnages et couverture de programmes de 10 candidats
V 41	Hollande/Sarkozy et Le Pen Marine	Icônes et titres faisant référence aux trois personnages
V 42	Affiches candidats	Icônes et titres faisant référence aux affiches des candidats

Tableau 1b-Codage des contenus d'images de journaux comme variables en 2007 et 2012

3 Analyse et interprétation des données construites

Dans cette partie, nous analysons les résultats obtenus via l'utilisation du logiciel CHIC dans sa version 6.0 après avoir extrait le graphe implicatif en choisissant le seuil critique de 0.82 pour intensité d'implication minimale dans le modèle entropique avec la loi de Poisson.

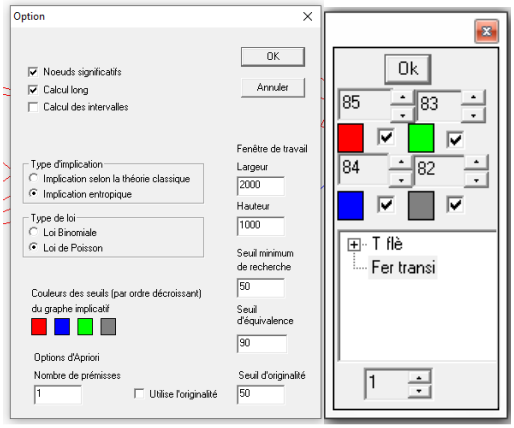


Figure 1 – Paramétrage de CHIC 6

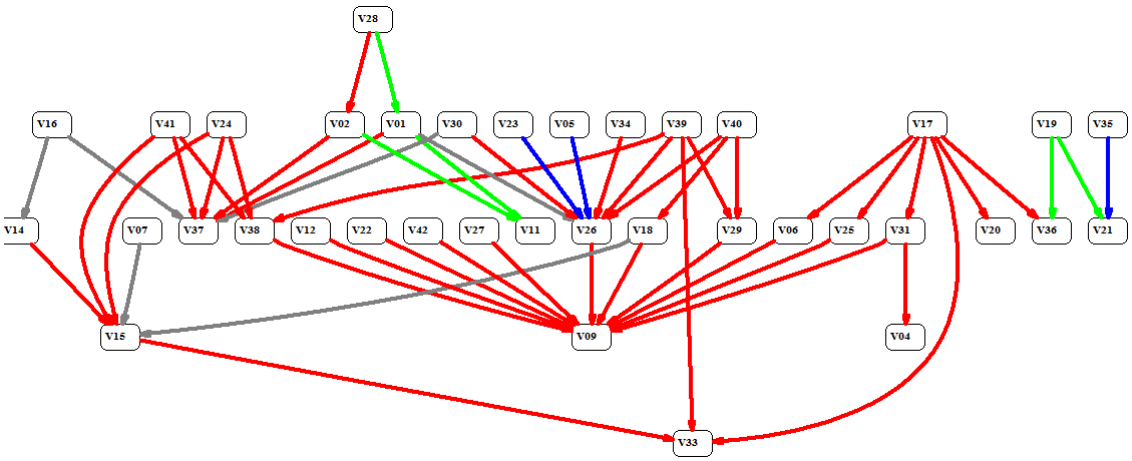


Figure 2 – Graphe implicatif initial des contenus d'images au seuil minimal de 0.82

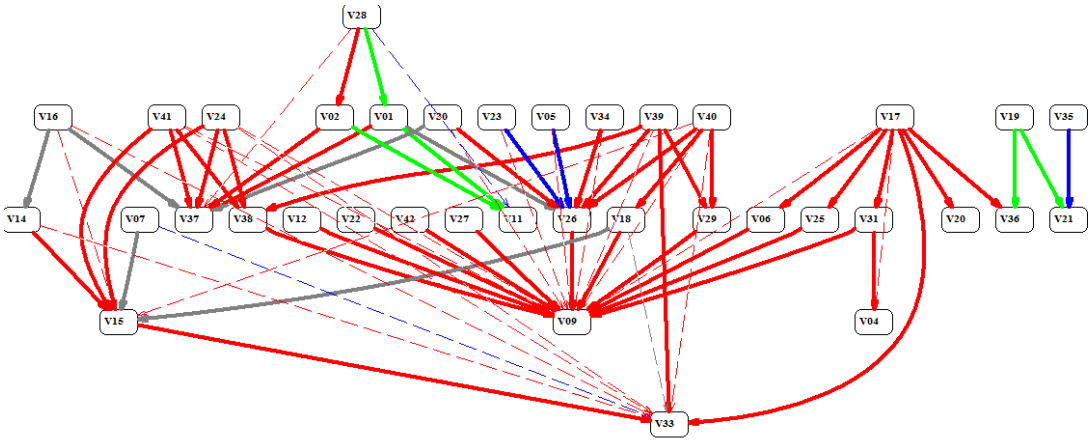


Figure 3 – Graphe implicatif initial des contenus d'images au seuil minimal de 0.82 avec les fermetures transitives

Au regard de ce seuil minimal de confiance 0.82 retenu, nous constatons que sur l'ensemble des variables issues de la base des données, 37 sur 42 variables apparaissent au travers du graphe implicatif. Ce qui peut témoigner de liaisons implicatives significatives au sens de ce seuil entre les différentes variables d'étude apparentes via le graphe implicatif (Figures 2 et 3).

L'ASI étant aussi, pour nous, une méthode exploratoire pour mieux appréhender le processus de choix et de hiérarchisation des instruments de langage de journaux en fonction d'un contexte sociohistorique donné, nous n'avons émis aucune hypothèse de résultats *a priori*. Toutefois, dans l'élaboration des catégories thématiques via l'analyse de contenu, nous avions repéré une logique de construction des contenus des UNES propre aux différents épisodes de campagne construction en 2007 et en 2012. La convergence de 20 variables vers la variable V09 (président élu), indique ici la finalité des UNES recensées compte tenu de la problématique principale qui est celle des campagnes présidentielles. Ainsi cette confluence de variables vers la variable V09 traduit une logique pragmatique (incitant à la prise de décision ou au vote) et narrative car la fréquence des UNES consacrées aux élections présidentielles baisse après la date du 7 mai 2007 correspondant au lendemain du vote final. La pluralité de variables recensées nous permet d'émettre l'hypothèse qu'une part importante des variables d'étude possède différents types de liens quasi-implicatifs qui pourront être découverts et décryptés via l'usage de l'option cône implicatif.

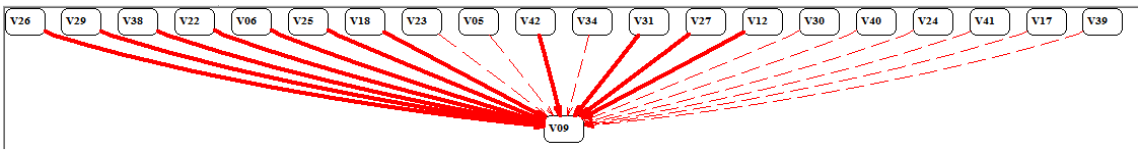


Figure 4 – Cône implicatif des contenus d'images de journaux en 2007 et 2012 centré sur V09

Nous concentrons maintenant notre attention sur les trois variables suivantes qui constitue des points importants pour notre approche. D'abord, la variable V26 (10-12 candidats),

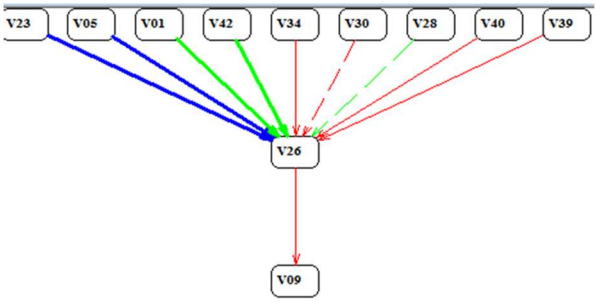


Figure 5 – Cône implicatif (a) des contenus d'images de journaux en 2007 et 2012 centré sur V26

puis la variable V15(Joly Eva).

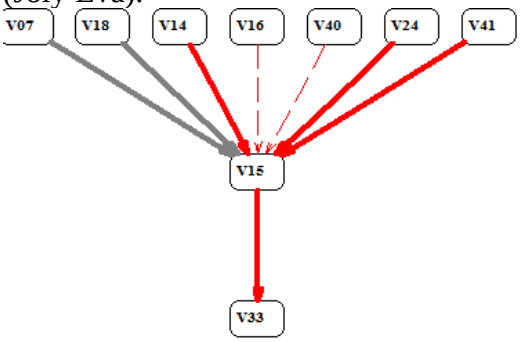


Figure 6 – Cône implicatif des contenus d'images de journaux en 2007 et 2012 centré sur V15

et enfin la variable V37(sondages vote)

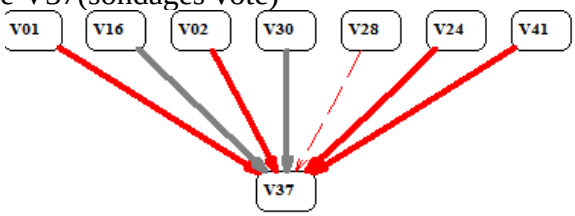


Figure 7 – Cône implicatif des contenus d'images de journaux en 2007 et 2012 centré sur V37

Les configurations centrées sur ces 3 variables V26, V15 et V37 conduisent implicitement à trois explications possibles sur le rapport des contenus des UNES de journaux à l'élection présidentielle. Premièrement, la confluence des 9 variables V23, V05, V01, V42, V34, V30, V28, V40 et V39 vers la variable V26 (10-12 candidats) puis vers la variable V09 témoigne non seulement du processus de mise en visibilité chronologique des informations de campagne mais également d'occurrences en rapport avec les résultats finaux des élections. On peut y voir également un agencement du discours médiatique sélectif dont les outils de langage consacrés aux personnages politiques décroissent à mesure que les différents moments de campagne évoluent et que la période consacrée au premier tour des élections est achevée (après le 23 avril). Deuxièmement, la confluence des 7 variables V07, V18, V14, V16, V40, V24 etV41 vers la variable V15 (personnage politique Joly), puis vers la variable V33 (Vote deuxième tour) permet d'évoquer ici les liens de quasi-implication des images consacrées aux personnages occupant de la troisième à la cinquième place (consécutivement aux résultats du premier tour) et les résultats du second tour qui correspondent aux images du 7 mai 2007 centrées sur le président élu. Cette structuration des variables dénote une hiérarchisation des contenus de journaux selon les places et les rangs occupés par les personnages. Ceci peut également laisser penser que les contenus des images des UNES des journaux consacrés à la mise en visibilité des différents candidats se construisent en

fonction des différents moments de vote et du nombre de candidats devant potentiellement apparaître aux deux phases de vote de la campagne présidentielle. Troisièmement, la confluence des 7 variables V01, V16, V02, V30, V28, V24 et V41 vers la variable V37 conduit à évoquer des liens de quasi-implication entre le rôle des UNES consacrées à l'importance des sondages dans le processus de l'élection du futur président. Ce qui incite à déduire qu'il existe des liens de quasi-implication entre la présence des images de UNES dédiées aux comparaisons entre les relations entre les trois premiers candidats du premier tour des élections de la campagne présidentielle de 2012, le discours critique des caricatures du journal *Le Monde* sur les candidats élus au second tour et les UNES faisant référence aux sondages de vote. Ce sont les journaux *Métro* et *Le Monde* qui ont notamment proposé des images des UNES interrogeant le rapport entre les sondages et le vote présidentiel.

Revenons au cas de la réduction du graphe implicatif au cône implicatif centré par la variable V26(10-12 candidats) qui joue un rôle de filtre (Figure 5). Ce premier groupe mis en évidence par le cône implicatif se compose de 9 variables occupant les positions d'arêtes qui convergent vers la variable sommet V26(10-12 candidats), puis vers la variable V09(président élu). Étudions la nature des différentes variables et chemins implicatifs pour voir dans quelle mesure ceux-ci sont significatifs pour dégager la logique de construction de sens des journaux via le choix de divers contenus d'images. Ce premier groupe **(a)** se compose de la grappe ci-après qui converge vers la variable V26(10-12 candidats) à savoir : V23(comparaison Royal et Sarkozy), V05(stratégies des candidats), V01(compétition candidats), V42(Affiches candidats), V34(appel au vote), V30(Sarkozy, Bayrou et Royal), V28(Démocratie et vote), V40(programme 10 candidats) et V39(programmes 5 candidats). Notons que cette figure (Figure 5) se présente sous la forme de celle fournie en exemple par (Lahanier-Reuter, Gras, Bailleul, 2017, p.288) pour la notion de cône implicatif.

Cet ensemble de variables donne des indications sur la nature des thèmes abordés par les journaux dans leurs premières pages de couverture. Les liaisons entre V26 et les variables V23(comparaison Royal et Sarkozy) et V05 (stratégies des candidats) sont au seuil d'intensité d'implication de 0.84 avec les flèches bleues alors qu'avec les 5 autres variables le niveau de l'intensité d'implication est de 0.85 marqué par les flèches rouges. Les relations V23→V26 et V05→V26 mettent en évidence une forme de comparaison ou de réseau de relations entre, d'une part, les deux candidats ayant été admis au second tour en 2007 et, d'autre part, les candidats ayant été désignés comme susceptibles de jouer un rôle dans l'élection d'un des deux candidats admis au second tour des élections présidentielles de 2007. Nous pouvons aussi remarquer que celles-ci se différencient par le nombre de candidats figurant sur les images des UNES et l'angle d'analyse des potentiels liens entre les divers acteurs (programmes, compétition et stratégies). L'image n'ayant pas pour seul objectif de faire voir les personnages uniquement, nous considérons que cette pluralité d'acteurs mis en scène met en exergue les différentes unités politiques et idéologies que sous-tendent ces partis. Ce qui fait écho à l'approche culturelle des médias qui met en perspective l'idée que les médias peuvent participer à une représentation des rapports de groupes. Dans ce sens, Piette (1996, p. 51) explique que les tenants de l'approche culturelle des médias considèrent que ceux-ci « sont partie intégrante d'un vaste système symbolique et que la culture médiatique constitue avant tout une manifestation symbolique des rapports qui s'établissent entre les individus, les groupes ».

La variable *attractrice* V26 du premier cône implicatif (a) est celle qui se rapporte aux 10-12 candidats des campagnes présidentielles de 2007 et 2012. Toutefois, si l'on observe l'ensemble des variables-mères au-dessus de la variable V26, on remarque que deux variables sont rattachées aux programmes des candidats, d'une part, la V39 qui porte sur les programmes de 5 candidats principaux et, d'autre part, la V40 centrée plutôt sur les programmes de 10 candidats de l'élection présidentielle de 2007 et 2012. Cependant, en 2007, seuls les journaux *Le Monde*, *Lyon Plus* et *Le Progrès* mettent en scène des images de campagnes représentant l'ensemble des candidats ayant proposé leurs candidatures dans une même page de couverture. Ce nombre différent de candidats peut s'expliquer en partie du fait des résultats des candidats qui passent de 10-12 sans classification selon leurs voix obtenues à un classement en fonction des votes au premier tour de l'élection. Néanmoins, le choix des journaux de recentrer certains discours sur quelques candidats repose sur des perspectives éditoriales délibérées de mise en visibilité des candidats. Les journaux *20 Minutes* et *Métro* ne comportent notamment aucune image de la totalité des candidats en 2007 contrairement à l'année 2012 pour la période d'étude retenue. Cette mise en visibilité des candidats dont le nombre varie en fonction des années et des journaux peut par ailleurs faire penser qu'il y aurait une disparité dans la représentation des différents mouvements de pensée incarnés par les candidats et leurs unités politiques. Ce qui pourrait renforcer, d'une part, la thèse des tenants de l'approche critique dans la mesure où la différence de visibilité quantitative entre les différents candidats dénote une absence d'équité dans la représentation par les journaux des diverses unités et valeurs politiques. En outre, cette visibilité quantitative distincte des différents personnages peut permettre de convoquer la thèse des penseurs de l'école de Francfort selon laquelle les médias participeraient au maintien et à la reproduction des idéologies. Ainsi, Balle (2017, p. 806-807) souligne que les tenants de l'École de Francfort : « accréditeraient l'idée selon laquelle les inégalités sociales sont légitimes, non contestables ; simultanément, ils [les médias] favoriseraient la survie et l'enracinement de « l'idéologie dominante », celle au nom de laquelle se perpétue, sous le drapeau de la justice, la domination des puissants sur la multitude des exploités ». Par ailleurs, pour les variables faisant référence aux programmes des candidats, on a des images de UNES de 3-5 à 10-12 candidats selon que certains sont représentés et d'autres non. Nous avons également pu relever une différence dans la part d'images consacrées aux programmes de campagnes des candidats et par conséquent à l'explication des questions sociales et sociétales qui sont davantage mises en perspective en 2012 qu'en 2007 par l'ensemble des journaux. La présence de la variable appel de vote (V34) dans les contenus des outils de langage des images de journaux témoigne de la dimension pragmatique des messages médiatiques et rappelle la finalité de vote des campagnes présidentielles.

Nous nous intéressons maintenant au groupe de variables centré sur la variable V29(3-5 candidats)

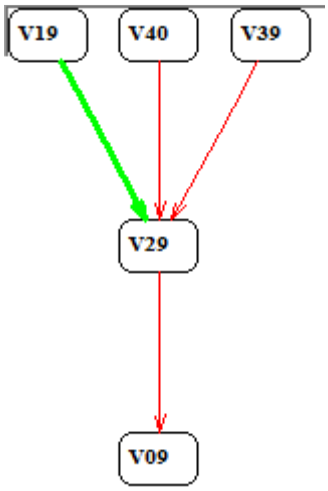


Figure 8 – Cône implicatif (b) des contenus d'images de journaux en 2007 et 2012 centré sur V29

Ce cône implicatif **(b)** se compose de trois variables V39 (programmes 5 candidats), V40 (programmes 10 candidats) et V19(Membres de l'UMP) qui convergent vers V29 (3-5 candidats) puis vers V09 (président élu) de 2007 et 2012. Dans ce cas de figure, les variables V39 et V40 sont toutes centrées sur les programmes des candidats. Toutefois, ces deux variables-mères se distinguent par le nombre de candidats. Ce qui retrace le schéma narratif des élections des candidats qui passe d'un discours sur la totalité de ceux-ci en début de campagne vers un discours resserré autour de quelques acteurs vers l'entre-deux tours des campagnes présidentielles. La présence de ces deux variables (V39) et (V40) en amont du graphe implicatif suggère qu'il y a des liens de quasi-implication avec la présence de certaines images montrant 3 à 5 candidats ainsi que leurs affiches. Ces dernières comportent elles-mêmes une partie du message central des candidats contenu également dans les programmes de campagne des personnages politiques. On retrouve la variable V09(président élu) qui reste la variable-fille du chemin implicatif comme dans le graphe implicatif initial (Figures 2 et 3). Ceci met en évidence, une fois de plus, des liens de quasi-implication entre ces variables (V39) et (V40) et celles qui font référence à un des 5 ou 10 candidats visibles dans les images des UNES des journaux.

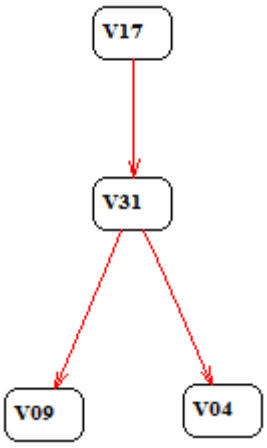


Figure 9 – Cône implicatif (c) des contenus d'images de journaux en 2007 et 2012 centré sur V31

Ce cône implicatif **(c)** est formé de la variable-mère V17 (Le Pen, J-M) qui converge vers la variable nodale V31(Bayrou et Royal) puis vers les variables-filles V04(discours des candidats) J-M) et V09 (président élu). Ce groupe de variables fait référence à un échantillon d'images de UNES où chaque candidat apparait seul mais aussi dans d'autres

photographies via lesquelles 2 ou plusieurs personnages sont confrontés. Cette branche de variables suppose que la présence d'images comportant le personnage J-M Le Pen conduit à la présence d'images commentant les potentielles négociations entre les candidats Royal et Bayrou pour le second tour de la campagne présidentielle de 2007. La variable-fille V04 se rapporte aux discours des candidats mentionnés individuellement dans les UNES des journaux. Ceci peut signifier que certaines images des UNES centrées sur les discours des candidats font intervenir les images portant uniquement sur Le Pen J-M et son discours, d'un côté, et, d'un autre côté, sur le couple de personnages Royal et Bayrou. Dans le corpus des journaux, seul le journal *Métro* consacre une image de UNE individuelle à Le Pen J-M. Bien que ce soient les deux journaux gratuits *Métro* et *20 Minutes* qui associent dans la même image uniquement Royal et Bayrou, les autres journaux en font mention dans leurs titres et des images qui vont associer Royal à Bayrou et Sarkozy dans les publications (à l'instar du *Figaro* et du *Monde*).

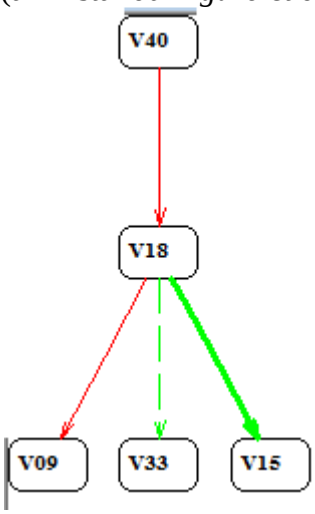


Figure 10 – Cône implicatif (d) des contenus d'images de journaux en 2007 et 2012 centré sur V18

Le cône implicatif **(d)** est constitué de la variable-mère V40(programmes des candidats) qui converge vers la variable centrale V18(membres du parti socialiste : PS) pour ensuite conduire vers les variables-filles V09(président élu), V33(vote deuxième tour) et V15(Joly Eva). Ceci peut implicitement indiquer que certaines des images faisant écho aux programmes des candidats font intervenir quelques membres des partis auxquels sont associés les différents candidats aux élections présidentielles. Ces individus faisant partie intégrante des unités politiques des candidats peuvent agir comme des arguments d'autorité pour les candidats. On retrouve des UNES faisant intervenir les membres des partis de candidats dans les journaux à l'instar de *20 Minutes*, *Le Figaro* et *Le Monde*. La présence de la variable V18(membres du PS) permet de formuler une interprétation que les images des UNES comprenant les programmes des candidats et les membres du parti socialiste, précèdent, pour certaines d'entre-elles, la période du premier tour. Nous avons notamment remarqué que les membres des partis des candidats interviennent dans diverses UNES en début de campagne, quelques jours avant le second tour et très peu en fin de campagne sauf dans le journal *Le Monde*.

Revenons maintenant sur le cône implicatif centré sur la variable V15(Eva Joly) déjà évoqué plus haut. Nous rappelons alors sa structure par la figure suivante.

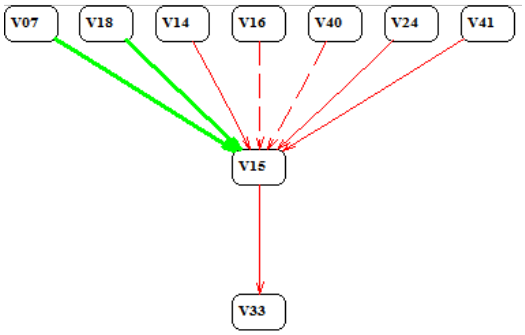


Figure 8 – Cône implicatif (e) des contenus d'images de journaux en 2007 et 2012 centré sur V15

Ce cône implicatif **(e)** comportant 7 variables-mères dont les variables V07(débat Hollande et Sarkozy) et V18 (membres du PS) au seuil d'implication 0.82 avec les flèches grises et les autres 5 variables au seuil 0.85. Ce réseau implicatif au seuil 0.85 avec les flèches rouges est constitué des variables V40 (programmes des candidats), V14 (Mélenchon), V16 (Le Pen Marine), V24 (Résultats), V41(Hollande, Sarkozy et Le Pen Marine) qui se dirigent vers la variable V15(Joly Eva) puis vers la variable V33(vote deuxième tour). Les variables-mères peuvent être décomposées sémantiquement en deux groupes. Le premier groupe forme l'arête (V14)→(V15) portant sur les images présentant individuellement les candidats. Un deuxième groupe est composé de variables associant au moins deux ou plusieurs candidats au sein d'une même image, en l'occurrence, les variables du couple de personnages Hollande et Sarkozy pour la campagne de 2012 et celles du trio de personnages Hollande, Sarkozy et Le Pen Marine. Ceci peut indiquer que l'ensemble de ces variables est susceptible d'intervenir en même temps que celles qui font référence au personnage Joly bien qu'il s'agisse d'une variable impliquant un seul personnage. On retrouve également des variables supposant la présence de plusieurs personnages comme celles des programmes de campagnes et celles des résultats. Ces deux dernières variables sont susceptibles de concerner à la fois les images des UNES des deux années d'étude. Cependant, on remarque que les 4 autres variables V07, V16, V14 et V41 sont reliées à la campagne présidentielle de 2012.

Nous remarquons aussi que contrairement au groupe de variables **(a)** convergentes vers la variable-fille V09(président élu), les variables de ce groupe **(e)** se rapportent davantage à une variable qui concerne le vote du deuxième tour (V33). En effet, certains des candidats sont intégrés aux variables comportant au moins une paire de personnages politiques. Ces résultats peuvent faire écho non seulement aux résultats des candidats au premier tour mais également à la place qu'ont accordé les journaux aux candidats élus troisième pour le premier tour des élections. La variable V15(Eva Joly) qui occupe une position nodale dans un autre chemin implicatif a également la place de variable-fille dans un autre parcours implicatif. Ce dernier est composé d'abord de la variable V40 (programmes des 10 candidats), puis de la variable 18 (membres du parti socialiste). La variable V15 a aussi une position centrale dans un lien d'implication comprenant en amont la variable V40 (programmes 10 candidats) et en aval la variable V33. Ce qui peut laisser supposer que la mise en visibilité de la variable V15 rattachée à un personnage politique implique également la présence de certaines UNES centrées sur les programmes de 10 candidats du premier tour de la campagne 2012 incluant le personnage Joly (V15). Aussi, les images de UNES de certains candidats comme Eva Joly apparaissent pour la plupart avant la tenue du premier tour de la campagne présidentielle de 2012.

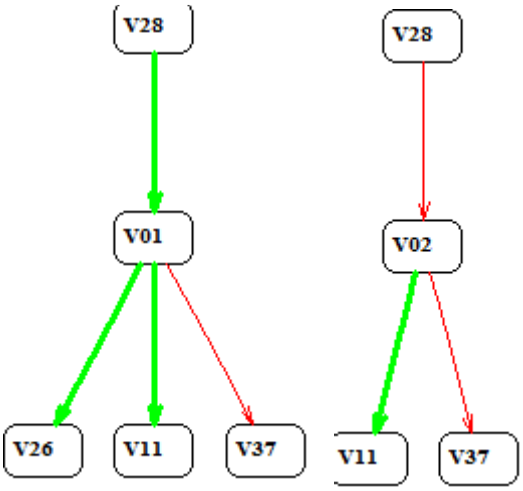


Figure 9 – Cônes implicatifs (f1) et (f2) des contenus d'images de journaux en 2007 et 2012 centré sur V01 et sur V02

Les cônes implicatifs respectivement centrés sur V01(**f1**) et sur V02(**f2**) commencent par la variable-mère V28 (Démocratie et vote) en amont. Le premier groupe (**f1**) est formé de la variable centrale V01(compétition des candidats) puis vers les variables-filles V26(10-12 candidats), V11(Sarkozy) et V37(Sondages vote). Le deuxième (**f2**) est formé par la variable centrale V02(critique des candidats) qui converge vers les variables-filles V11(Sarkozy) et V37(Sondages vote). Le premier lien avec les flèches vertes à 0.83 pour le seuil d'intensité d'implication montre que les images des UNES qui se penchent sur la démocratie et le vote sont susceptibles de faire intervenir des images véhiculant l'idée d'une compétition entre les différents candidats à l'élection présidentielle. On suppose alors que les variables rattachées au vote et à la démocratie ont des liens de quasi-implication avec des images mettant en évidence la compétition, et que celles-ci peuvent convoquer quelquefois la présence du personnage Sarkozy (V11) élu président en 2007. Au seuil 0.85 avec les flèches rouges, on observe cette fois que les images relatives au vote et à la démocratie impliquent également une mise en évidence des images constituant une critique des candidats. Ces dernières variables entretiennent également des liens de quasi-implication avec certaines images faisant référence aux sondages. Quoique les images sur les sondages soient visibles dans les UNES des journaux *Métro* et *Le Monde*, ces derniers comportent davantage de UNES sur les sondages en 2012. Néanmoins, on relève également des liens implicatifs entre les variables V02 et V11, d'une part, et, d'autre part, V01 et V37. Ce croisement de variables fait penser dans un premier temps que la plupart de ces variables concernent les images des UNES du journal *Le Monde* en raison du fait que celles qui comportent les caricatures, sont issues essentiellement de ce journal et que celui-ci a une tonalité critique plus visible que dans les autres journaux.

4 Conclusion

Le rôle de l'étude des réseaux de variables à la lumière du mode cône du graphe implicatif permet de prendre en compte la contribution de variables individuelles dans le processus de construction et d'analyse du sens de son objet d'étude. Nous avons pu dégager de manière plus lisible des groupes de variables issues du graphe implicatif. Ceci nous a permis de découvrir quelques axes majeurs du récit de campagnes des journaux. Parmi ceux-ci, nous avons retenu cinq axes principaux. Le premier axe concerne des

variables centrées principalement sur les stratégies et la compétition entre les différents candidats ainsi que sur les appels au vote et les programmes de campagne. Un deuxième axe concerne des variables qui se recentrent davantage sur les programmes de campagne. Un troisième axe concerne des variables inhérentes aux discours des candidats, alliances potentielles entre 2 candidats en 2007 et au rôle de certains candidats et membres de groupements politiques de certains candidats à l'élection. Un quatrième axe concerne des variables de l'année 2012 qui permettent de croiser les relations entre les identités politiques et les choix politiques de quelques personnages politiques, des identités individuelles de candidats occupant de la 3ième à la 5ième place au premier tour des élections. On retrouve aussi ici, des variables relatives aux résultats et aux débats. Un cinquième axe concerne principalement ce qui est relatif aux images dédiées à la démocratie, au vote et à la critique et la compétition entre les candidats. Nous avons pu aussi également dégager des liens de quasi-implication que nous n'avions pas prévus, donnant à voir dans quelles circonstances plusieurs types d'images et d'outils de langage peuvent être convoqués par les journaux pour parler des campagnes présidentielles. Les variables pouvant jouer tour à tour le rôle de variable-mère, centrale ou variable-fille permettent de dégager des indications sur la nature des liens entre les variables réunissant certains candidats mais également sur la place de certains acteurs à certains moments précis de campagne comme celui du premier tour, de l'entre-deux tours et du second tour de vote. Les variables V26 et V15 ont un pouvoir attracteur plutôt fort qui se manifeste par un afflux important d'autres variables. La variable 26(10-12 candidats) apporte des éclairages sur la nature des liens entre les variables réunissant certains candidats. Ainsi en recensant les variables potentiellement nodales, mères ou filles, on peut mieux dégager les angles de traitement du récit narratif des journaux à propos des campagnes présidentielles. La variable-fille V09 est celle vers laquelle converge au moins 4 liens implicatifs d'autant que celle-ci est en rapport avec les résultats du vote et le candidat élu président. Ceci permet de retrouver la dimension narrative dans les messages médiatiques des journaux. La présence dans les groupes (c) et (e) de variables inhérentes, d'une part, aux personnages de 2007, et, d'autre part, aux personnages de 2012 permet de constater cette contextualisation et cette évolution de l'appropriation des signes en fonction d'un contexte sociohistorique donné. Ceci renforce la pertinence et l'importance du choix de notre orientation fondée sur la perspective historico-culturelle de Vygotski (1985) pour analyser ces phénomènes de société. Bien qu'on distingue des catégories thématiques récurrentes, celles-ci sont actualisées en fonction des acteurs en présence, des choix communs et individuels de mise en visibilité propre aux différents journaux et enfin des visées à communiquer. On remarque aussi que la variable V29(3-5 candidats) permet d'illustrer un message circonscrit en fonction de résultats, d'une période mais aussi du choix des identités politiques quelquefois mises en visibilité plus que celles qui font écho à l'ensemble des unités et candidas politiques représentés. Les variables V11(Nicolas Sarkozy) et V37(Sondages vote) témoignent des axes de discours privilégiés de certains journaux impliquant aussi des candidats mis en visibilité. Au regard des liens de quasi-implication entre la plupart des variables émergentes du cône implicatif, nous pouvons dégager la présence du procédé de comparaison utilisé par l'ensemble des journaux. Ce procédé peut être latent même dans le cas d'images qui ne sont pas centrées sur les jeux de relations (logiques et stratégies d'action entre les acteurs politiques) entre les différents candidats dans la mesure où on a une diversité d'acteurs et de discours présents. De même, puisque la présence d'un personnage dans une image n'a pas seulement vocation à informer sur l'acteur politique montré ou cité, nous pouvons alors inférer que la présence

de chaque acteur, de son programme ou de son affiche induit un discours sur l'identité de celui-ci, de son groupe d'appartenance et, par ricochet, des idées qui y sont véhiculées. Si le nombre de candidats décroit en mise en visibilité dans les UNES des journaux, cela peut être dû en partie aux résultats des différents acteurs politiques. Cependant, puisque le discours de presse est, avant tout, représentation, nous pouvons inférer qu'il s'agit d'un choix rationnel des journaux de mettre en évidence un ou plusieurs acteurs politiques à un moment historique de la campagne. L'analyse statistique implicative s'avère être une méthode qui permet de découvrir des significations non imaginées au premier abord. Elle nous a permis ainsi de repérer et d'interpréter l'existence les catégories capitalisées lors de l'explication d'une question publique (l'élection présidentielle) pour la faire connaître, comprendre ou l'expliquer auprès du public-citoyen. L'ensemble de ces résultats pourrait également être croisé avec une analyse des images et de discours comme nous avions pu le faire dans le cadre de notre travail de thèse (Madiba, 2018). Cet article s'inscrivant dans le champ de l'éducation aux médias vise à apporter des éclairages pour mieux appréhender et décoder la structuration, le contenu et le regard interprétatif qu'apportent les journaux sur une problématique dans un contexte socio-historique donné. Il donne à voir comment des acteurs de l'éducation non formelle configurent et donnent un sens à leurs discours par le choix des instruments langagiers et d'une logique inhérente à un contexte sociohistorique et une situation. À cela nous ajoutons que l'usage de l'ASI a contribué à :

- découvrir, analyser et interpréter les thèmes privilégiés ou choisis par les journaux d'une période historique à une autre ;
- dégager la logique de mise en visibilité des acteurs politiques et de leurs rapports de place, de rang et d'influence en 2007 et 2012 construite par les publications ;
- identifier et expliquer les circonstances d'apparitions des images des UNES de journaux autour des campagnes présidentielles ;
- repérer une forme d'agencement prédictif d'organisation des contenus selon la période et les différents moments de ceux-ci ;
- mettre en évidence un ensemble de facteurs ou de variables pouvant influencer la décision de vote ou la manière d'appréhender, de nommer et de qualifier les campagnes présidentielles.

Références

[1] Acioly-Regnier, N. et Regnier, J-C. (2009), Interprétation de graphes implicatifs : étude clinique auprès d'une chercheure en iconographie médiévale Dans R. Gras., J-C. Régnier et F. Guillet (Eds) *Analyse statistique implicative : Une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités,* Toulouse : Éditions Cépaduès. 353-368.

[2] Acioly-Regnier, N., Regnier, J-C. (2005) Repérage d'obstacles didactiques et socioculturels au travers de l'ASI des données issues d'un questionnaire, *Quaderni di Ricerca in Didattica* - GRIM, n°15, 63-85.

[3] Bailleul, M. et Leroyer, L. (2017), Le rôle clé des variables nodales dans un graphe implicatif, dans J-C. Régnier et *al.*, (Eds) *Analyse Statistique Implicative. Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques*. Belfort : Université Bourgogne Franche Comté - UBFC - IUT Belfort Montbeliard ,46-64.

[4] Balle, F. (2016), *Médias et sociétés : édition, presse, cinéma, radio, télévision, internet* (16ième édition), Issy-les Moulineaux : LGDJ-Lextenso éditions.

[5] Bardin, L. (1993), *L'analyse de contenu.* Paris : Le Psychologue.

[6] Couturier, R. et Almouloud, S.A. (2009), CHIC : historique et fonctionnalités. R. Gras, JC. Régnier et F. Guillet *Analyse statistique implicative. Une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités*. Toulouse : Éditions Cépaduès. 279-293.

[7] Couturier, R., Bodin, A. et Gras, P. (2012), La classification hiérarchique et implicative cohésitive. *Manuel de CHIC*, version 6.

[8] Gerstlé, J., Duhamel, O. et Davis, D.K. (1992). La couverture télévisée des campagnes présidentielles. L'élection de 1988 aux Etats-Unis et en France. *Pouvoirs*, (63), 53-69.

[9] Goffman, E. (1991), *Les cadres de l'expérience*, Les Éditions de Minuit, Paris.

[10] Gras, R., Régnier, J.-C., Lahanier-Reuter, D., Marinica, C., Guillet, F. (Eds) (2017). *Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux sciences humaines et sociales*. Toulouse : Éditions Cépaduès.

[11] Gras, R, Régnier, J-C., Marinica, C., Guillet F (Eds), (2013), *L'analyse statistique implicative. Méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités*. Toulouse : Éditions Cépaduès.

[12] Gras, R., Suzuki, E., Guillet, F., Spagnolo, F. (eds), (2008), *Statistical Implicative Analysis*, Theory and Applications. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.

[13] Guénot, M. et, Régnier, J.C. (2009), Iconographie médiévale en Histoire de l'art et Analyse statistique implicative. In Gras, R (dir.) Régnier, J-C., Guillet F (Eds). *L'analyse statistique implicative. Une méthode d'analyse pour la recherche de causalités*. Toulouse : Éditions Cépaduès. 471-492

[14] Guénot, M. et, Régnier, J.C. (2010), L'histoire de l'art à l'épreuve de la statistique implicative : l'exemple de la structure iconique de l'image médiévale, *Quaderni di Riceira in Didatticia (Mathematics)*, n°20 suppl 1, 497-522.

[15] Guénot, M. (2016) *Les images de l'Ascension du Christ dans la chrétienté latine entre le 9ème et le 13ème siècle*. Thèse de doctorat de l'Université de Lyon (Dir. Nicolas Reveyron)

[16] Guénot, M. et, Régnier, J.C. (2017), Exploration des bases de données en histoire de l'art par l'analyse statistique implicative In Gras, R., Régnier, J.-C., Lahanier-Reuter, D., Marinica, C., Guillet, F. *Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux sciences humaines et sociales*. Toulouse : Éditions Cépaduès. 439-446

[17] Joseph, I. (2002), *Erving Goffman et la microsociologie.* Paris : Presses universitaires de France.

[18] Lahanier-Reuter, D., Gras, R., Bailleul, M. (2017) Variable nodale et cône implicatif. In Gras, R., Régnier, J.-C., Lahanier-Reuter, D., Marinica, C., Guillet, F. *Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux sciences humaines et sociales*, Toulouse : Éditions Cépaduès.

[19] Madiba, M.S., Acioly-Régnier, N.M. (2017) Images de presse lors des campagnes présidentielles françaises de 2007 et 2012. Contribution de l'analyse statistique implicative à l'étude comparative des types d'images. In J.C. Régnier, R. Gras, R. Couturier, A. Bodin. *Analyse statistique implicative. Points de vue conceptuels, applicatifs et métaphoriques ?* Actes du 9ème colloque ASI9. Belfort : UBFC. 591-611.

[20] Madiba, M.S. (2018) *Les outils langagiers, iconiques et plastiques de la presse écrite française et leur rôle dans l'éducation aux médias inhérente au choix de vote des campagnes présidentielles en France. Une étude exploratoire de couvertures de journaux selon leurs promesses discursives et évolution identitaire dans les campagnes de 2007 à 2017*. Thèse de doctorat en Sciences de l'éducation de l'Université de Lyon (Dir. Nadja Acioly-Régnier)

[21] Piette, J. (1995), L'éducation aux médias : un bilan. *Communication. Information Médias Théories*, n°16 (n°1). 36-59.

[22] Piette, J., et Giroux, L. (1996), *Éducation aux médias et fonction critique*, Paris-Montréal : L'harmattan.

[23] Régnier, J.C., Slimani, Y., Gras, R., Ben Tarbout, I., Dhouibi, A. (Eds) (2015). *Analyse statistique implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales*. Tunisie. ARSA Association pour la Recherche en Statistique Appliquée - http://sites.univ-lyon2.fr/asi8/pub/ISBN9789973981905ASI8.pdf

[24] Régnier J.C., Ag Almouloud, S., Gras R. (Eds), (2013), *Analyse Statistique Implicative. Cadre théorique et applicatif pour l'exploration sémantique et non symétrique des données*. São Paulo : PUC/PPGEM

http://revistas.pucsp.br/index.php/emp/issue/view/1271

[25] Régnier, J-C., Bailleul, M., Gras, R. (Eds), (2012), *L'Analyse statistique implicative : de l'exploratoire au confirmatoire*. Caen : Université de Caen. http://math.unipa.it/~grim/QRDM_22_Suppl_2.htm

[26] Régnier, J.C., Gras, R., et Spagnolo, B. Di Paola (2011), *Analyse Statistique Implicative : Objet de recherche et de formation en analyse des données, outil pour la recherche multidisciplinaire. Prolongement des débats*. QRDM Quaderni di Ricerca in Didattica - GRIM ISSN on-line 1592-4424, Palerme : Université de Palerme.

http://math.unipa.it/~grim/QRDM_20_Suppl_1.htm

[27] Robert, A. D., et Bouillaguet, A. (2002), *L'analyse de contenu*. Paris : Presses universitaires de France.

[28] Vergnaud, G. (2000), *Lev Vygotski*. Paris : Hachette Éducation

[29] Vygotski, L.S (1934/1985) *Pensée et langage*. Paris : Éditions Sociales

[30] Wertsch, J. V. (1985), La médiation sémiotique de la vie mentale : LS. Vygotsky et M.M. Bakhtine. Dans B. Schneuwly et J-P. Bronckart (dir.), *Vygotsky aujourd'hui*. Neuchâtel Paris : Delachaux et Niestlé. 139-168.

Annexe 1 : Codage des journaux de l'échantillon

Tableau 11 : Codage des journaux par catégorie en 2007 et 2012

Journaux	20 Minutes	Métro	Lyon Plus	Le Figaro	Le Monde	Le Progrès
Types	Gratuit	Gratuit	Gratuit	National	National	Régional
Codes 2007	Fra107	Fra207	Fra307	Fat107	Fat207	Feg107
Codes 2012	Fra112	Fra212	Fra312	Fat112	Fat212	Feg112

Source : Madiba (2018, p.121)

Annexe 2a : Codage des individus (journaux) et des variables (types d'images) (de V01-V20)

	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20
fra107	0	0	0,4	1	0,33	0,33	0	0,5	1	0	0,11	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0,33
fra207	0	0	0	1	0	0,99	0	0,5	1	0	0,11	0,33	0	0	0	0	1	0	0	0,99
fra307	0	0	0	0	0,33	0,99	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,99
fat107	0,64	0	0,2	0	0,33	0,33	0	0,5	1	0,25	0,88	0	0,12	0	0	0	0	0	1	0
fat207	0,96	0,99	0,6	0,5	0,99	0,33	0	0	1	0,25	0,99	0,99	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0,33
feg107	0	0	0,2	0,5	0	0,66	0	1	1	1	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0
fra112	0,16	0	0,2	0	0,33	0	0,66	0,5	1	0,25	0,22	0	0,12	0	1	0	0	1	0	0,33
fra212	0	0	0,2	0,5	0	0	0,66	0,5	1	0	0,22	0	0	0	1	0,33	0	0	0	0
fra312	0	0	0,4	0	0	0	0,99	0,5	1	0	0,33	0	0	1	1	0,33	0	1	0,25	0,33
fat112	0	0	0,6	1	0	0	0,33	1	1	0,5	0,55	0	0,36	0	0	0	0	0	1	0,33
fat212	0,48	0,66	1	1	0	0	0,33	0,5	0	0,75	0,55	0	0,96	1	1	0,99	0	0	0,25	0,99
feg112	0	0	0	0,5	0	0	0,33	0	1	0	0,33	0	0,48	0	0	0	0	0	0	0,33

Annexe 2b : Codage des individus (journaux) et des variables (types d'images) (de V01-V20)

	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39	V40	V41	V42
fra107	1	0,33	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5
fra207	0	0	0,33	0	1	0	0	0	0	0	1	0,33	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
fra307	0	0,33	0	0	0	1	0	0	0	0,33	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
fat107	1	0	0,99	0	1	1	0	0	1	0,33	0	0,99	0	0	0,5	1	1	0	0	0	0	1
fat207	0	0,99	0,66	0	0	1	0	1	0	0,99	0	0,33	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
feg107	0	0,33	0,33	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,5
fra112	0	0,33	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0,33	1	0,5	0	0	0	0	0	1	0	0
fra212	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,66	1	0	0,5	0	1	1	0	0	1	0
fra312	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,66	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
fat112	1	0,66	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,33	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
fat212	1	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0,66	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
feg112	0	0,66	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0,33	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

BONUS

BONUS : ELEMENTS DE REPONSE AUX DEFIS APRES ASI 9

Régis GRAS[1]

ELEMENTS OF RESPONSE TO THE CHALLENGES AFTER ASI 9

RESUMÉ

J'ai rassemblé ici quelques éléments de réponse à certains des défis que j'ai proposés en guise de préparation à ASI 10. Certains d'entre eux s'inscrivent en droite ligne d'articles présentés lors du colloque ASI 9, quelquefois, ces éléments de réponse son des prolongements de communication, d'autres constituent des amorces de prochains travaux ou bien se montrent sans lendemain raisonnablement envisageable.

ABSTRACT

I gathered here some answers to some of the challenges that I proposed in preparation for ASI 10. Some of them are in line with articles presented at the symposium ASI 9, sometimes these elements of response are extensions of communication, others are primers for future work or are showing no reasonable future feasible.

Défi 4 : étudier l'apport de la Programmation dynamique pour identifier des causes particulières conduisant à un puits d'un chemin implicatif ou pour chercher une stratégie optimale dans le cas séquentiel.

Sujet intéressant pour l'ASI car il présente des affinités dans sa problématique par rapport à l'ASI dans le traitement graphique d'un réseau de variables. Il s'agit en effet, dans le cas élémentaire discret de la Programmation dynamique de construire un cheminement reliant l'ensemble V des variables de telle façon qu'une certaine fonction (par exemple de coûts) soit minimisée. Les données se présentent sous la forme d'une matrice dite de transition VxV. Les valeurs numériques sur [0,1] associées aux couples de variables (i, j) représentent les probabilités conditionnelles de transition de la variable

[1] Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes, Équipe DUKE Data User Knowledge, Laboratoire LS2N UMR 6241, Site de la Chantrerie, rue C.Pauc, BP 44306, Nantes cedex 3, e-mail : regis.gras@univ-nantes.fr et regisgra@orange.fr

i vers la variable j. Une propriété dite de Markov est imposée : la transition de j vers i ne dépend que de i ; Pr [i/j, k, l, m] = Pr [i/ j]. L'exemple typique est celui du voyageur de commerce qui doit rendre visite à un certain nombre de clients et minimiser le coût total de ses déplacements connaissant les probabilités respectives de transition d'une ville à une autre. On perçoit bien une ressemblance avec la situation standard de l'ASI où les intensités d'implication pourraient être interprétées légitimement comme des probabilités. Mais la matrice des intensités d'implication ne possède pas une propriété requise sur la somme des probabilités de chaque ligne qui doit être égale à 1. De plus la propriété markovienne de la seule dépendance de chaque variable à celle de son passé immédiat n'est pas satisfaite.

On abandonnera donc le rapprochement la technique classique de programmation dynamique pour l'élaboration du graphe implicatif. Mais cette préoccupation de l'établissement d'un graphe optimisant une propriété globale est à retenir. Nous en avons donné déjà une première solution avec la notion de **variance implicative**.

Défi 5 : Enrichir l'extension de l'ASI aux variables continues par des exemples authentiques ; les traiter et les analyser

Défi 6 : même type de défi relativement aux espaces continus de sujets

J'attends des praticiens, par exemple du milieu scolaire, des exemples où les situations relèvent plutôt de milieux continus alors que nos travaux ne présentent que des situations discrètes ou ramenées au discret. Sur ce deux Défis 5 et 6, avec Jean-Claude Régnier, nous avons présenté, lors de ASI 8 Radès, des exemples artificiels ou de richesse toute relative quant à leur caractère continu. En choisissant, dans un premier temps, des variables numériques satisfaisant des lois normales, il doit être possible de faire une étude selon l'ASI en utilisant les formules établies figurant dans les actes de ASI 8, pages 130-142. Je donne un exemple fictif sur lequel il serait possible de mettre de la chair à partir de situations du milieu scolaire. Il est extrait d'articles écrits en collaboration avec Jean-Claude Régnier et figurant dans les actes de ASI 8..

« Dans un souci didactique, nous simulons un tirage au hasard des parties aléatoires X et Y, puis en tirons le calcul d'une autre estimation de l'intensité d'implication. Nous proposons un calcul « à la main » qui exhibe tous les pas de l'expérience aléatoire qui définit notre traitement du cas continu.

On fait varier aléatoirement sur $\mathbb{R}$ les segments X et Y de mêmes μ-mesures en moyenne respectivement que A et B, soit 0,8400 et 0,9710. Par exemple X = [-1,6 ; 1,25] et Y = [-1,3 ; $+\infty$] auquel correspond $X \cap \overline{Y}$ = [-1,6 ;-1,3[dont la μ–mesure est 0,042. On calcule, à chaque étape,

$\boldsymbol{\mu(X \cap \overline{Y})}$ par : $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{X \cap \overline{Y}} e^{-\frac{u^2}{2}} du$, puis $[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{X \cap \overline{Y}} e^{-\frac{u^2}{2}} du]^2$ et enfin sa moyenne sur un certain un certain nombre de répétitions. On obtient une estimation de $\boldsymbol{q(a, \overline{b})}$ par la formule (4) et enfin celle de l'intensité d'implication par la formule (5).

A la main, nous avons procédé à 10 calculs de l'estimation de l'intensité d'implication comme l'indique le tableau ci-dessous, en choisissant au hasard les intervalles aléatoires respectant la contrainte $\mu(X) \leq \mu(Y)$.

Tirages	X	Y	$X \cap \overline{Y}$	$\mu(X \cap \overline{Y})$
1	[-1,5 ; 1,32]	[-2 ; 3,55]	∅	0
2	[-1,6 ; 1,25]	[-1,3 ; ∞[	[-1,6 ; -1,3[	0,042
3	[-1,7 ; 1,20]	[-1,8 ; ∞[	∅	0
4	[-2,1 ; 1,07]	[- 1,9; 3,44]	[-2,1 ; -1,9[	0,0108
5	[-1,8 ; 0,19]	[-1,75 ; 0,28_]	[-1,8 ; -1,75[	0,0042
6	[-0,9 ; +∞ [	[-3 ; 1,92]	]-1,92 ; +∞ [	0,0224
7	[-3 ; 1,04_]	[-2 ; 2,50]	[-3; -2 [	0,0215
8	[-2,5 ; 1,65]	[-1,5 ; +∞ [	[-2,5; -1,5[	0,0606
9	[-2,8 ; 1,4]	[-1,7 ; 2,29]	[-2,8 ; -1,7[	0,0420
10	[-2,6; 3]	[-3 ; 2,5]	[2,5 ; 3]	0,0049

On en tire : $MOY[\mu(X \cap \overline{Y})^2] = 0,001302$; $[MOY(\mu(X \cap \overline{Y}))]^2 = 0,000455$

puis : $Est(\boldsymbol{q}(\boldsymbol{a}, \overline{\boldsymbol{b}})) = \frac{\mathbf{0,0215 - 0,0228}}{\sqrt{\mathbf{0,001302 - 0,000455}}} = -0,04468$

d'où l'estimation de l'intensité d'implication : $Est(\varphi(a,b)) = 1-0,482 = 0,518$

Remarquons que cette valeur est très voisine de celle obtenue par un calcul direct selon la formule (5), ce qui conforte l'approche simulée en cas de calculs complexes de la variance lorsque la loi de probabilité μ est inconnue. »

Défi 7 *:* Recherche et traitement du degré d'homogénéité/hétérogénéité interne d'une population présentant un ordonnancement général des données compatible avec une structure implicative/cohésitive particulière

Que l'on considère un graphe implicatif ou une hiérarchie cohésitive, à chaque élément de structure (arc, chemin implicatif, classe cohésive) on associe la contribution ou la typicalité de chaque individu et, surtout, de chaque catégorie d'individus, la plus élevée. Peut-on considérer que le risque déclaré par CHIC à la suite de l'étude des intensités d'implication, puis des coefficients de satisfaction de chaque individu à l'implication entre variables, permet d'accorder au sujet ou à la catégorie une confiance quant à son rôle ou son homogénéité par rapport à la signification accordée à l'élément de structure ?

Croisons un élément de structure du graphe implicatif, par exemple, un arc, avec une catégorie C (variable supplémentaire)) de sujets. A chaque sujet appartenant à C sont associés ses degrés de contribution et de typicalité. A cette catégorie C de sujets le logiciel CHIC en fait de même. Ces deux valeurs peuvent être considérées, dans le cadre de l'ASI, comme des indices d'homogénéité de la catégorie à l'égard de l'arc et de sa signification, potentielle conceptuelle.

Par exemple, examinons le fichier EVATT qui a pour ambition de révéler l'attitude différenciée des enseignants de math., en sections littéraire (L), technique (TE) ou scientifiques (E et ES) à l'égard des objectifs assignés à leur enseignement. Relativement à l'arc OP1-> OP5 -> OP4 -> OP6, c'est la catégorie des professeurs des classes L qui présente, pour la similarité le risque minimum (0.161) d'adéquation à la signification de l'arc, alors que la classe des professeurs en S présente un risque maximum (0.709). Or l'arc considéré assemble 4 variables dont la signification ordonnée représente l'attachement optimal aux décisions strictement réglementaires de l'administration. On

pourra avancer que le groupe des enseignants des classes L est **homogène** ou, tout au moins l'est plus que les enseignants des classes S à l'égard de cet attachement.

On peut donc retenir, de façon générale, le risque de typicalité ou de contribution comme révélateur de l'homogénéité d'une catégorie de sujets et même l'adopter comme **degré d'homogénéité en retenant son complément à 1.**

Comme les effectifs de sujets dans les différentes catégories ne changent pas il sera même possible de classer les degrés d'homogénéité relativement aux concepts extraits par CHIC que ce soit ceux que révèle le graphe implicatif ou ceux que révèle la hiérarchie cohésitive.

Défi 8 *:* Une variable a étant donnée et des « conséquences » b, c, d…. étant connues par a=>b, a=>c, a=>d, …est-il possible de définir un indice d'implication de a sur la conjonction de b, c, d…c'est-à-dire : a => (b et c et d et..) ?

A priori, l'implication attendue peut ne pas avoir de sens ou être nulle car les sous-ensembles B, C, D, … de réalisations respectives des variables b, c, d… peuvent avoir une intersection vide ou de toute façon de cardinal inférieur à celui de A. L'inclusion recherchée de A dans cette intersection est peut-être illusoire.

Si l'on connaît les intensités d'implication de a=>b, a =>c, etc. on possède les φ(a,b), φ(a,c), etc. avec, par ex. $\varphi(a,b) = 1 - \Pr\left[Card(X \cap \overline{Y}) \leq Card(A \cap \overline{B})\right]$

Défi 9 : L'énergie cinétique d'une grappe de variables peut-elle être un indicateur d'homogénéité de la grappe ? d'un indice de qualité du concept ou du champ conceptuel émergeant de la grappe ?

Je reprends la métaphore mécanique présentée dans « *Une métaphore mécanique du graphe implicatif en ASI* » (cf. Actes de ASI 9 Belfort 2017).

Je rappelle que l'énergie cinétique d'une grappe connexe d'arcs implicatifs i, d'indices implicatifs q_i pondérés par m_i nombre d'instances positives de l'arc i -c'est-à-dire nombre de quasi-implications de l'origine de l'arc à son extrémité - est :

$$E_c = \frac{1}{2} \sum_i m_i \ v_i^2 = \frac{1}{2} \sum_i m_i \ q'^2_i .$$

Elle présente donc d'intéressantes affinités avec la variance implicative de la même grappe (cf. « Qualité d'un graphe implicatif, variance implicative », *L'Analyse Statistique Implicative*, Cépaduès 2013). Cette variance a été définie en tant qu'indicateur d'homogénéité implicative.

L'énergie cinétique a d'autres affinités avec l'inertie intra-classe d'un ensemble d'arcs i pesants de masse i et de distance q'_i au centre de gravité du système. Au coefficient normalisateur près, ces deux fonctions de la grappe coïncident.

Ces affinités seraient à préciser mais nous pouvons considérer qu'énergie cinétique et homogénéité dynamique de la grappe ont des points communs. Elles permettent, comme nous l'avons espéré avec l'image fractale du graphe et de l'arbre cohésitif, d'enrichir l'appréhension intuitive des concepts de l'ASI. En particulier les caractères non symétrique et dynamique distinguant le graphe implicatif des graphes habituels dont le graphe booléen.

Défi 10 : La logique de l'ASI est une logique paracohérente du premier ordre. Pourrait-elle l'être du second ordre et comment ?

Petit rappel :

Une théorie logique du premier ordre n'autorise les quantifications que sur les individus de son domaine d'interprétation. **Une théorie du second ordre** autorise également les quantifications sur les ensembles d'individus, de couples d'individus et plus généralement de n-uplets de ce domaine. De façon équivalente on peut dire que les quantificateurs peuvent porter sur les propriétés et les relations de la théorie.

Conjecture à approfondir ou à rejeter

Il n'est pas certain que la quasi-implication puisse rentrer dans le cadre général des logiques du second ordre. Par contre, il est possible qu'elle puisse répondre à la définition des logiques **monadiques du second ordre** («monadiques » car les quantifications du second ordre ne portent que sur des prédicats unaires »). Je reprends un exemple cité dans Wikipedia qui semble alimenter la conjecture :

$$\exists Z(\exists u, u \in Z) \wedge \forall x, (x \in Z \rightarrow \exists y, (\text{fils}(x, y) \wedge y \in Z))$$

On peut décoder cette formule en disant « il existe un ensemble Z tel qu'il existe un élément u qui appartienne à Z et pour tout x, si x est dans Z, alors il existe y tel que y est impliqué par x et y est dans Z ». On constate que ce n'est pas une formule de la logique du premier ordre car il existe une quantification du second ordre sur Z. et « fils » est un prédicat à deux places.

Il est cependant objectable qu'à tout x on ne puisse associer un y impliqué par x. Ce qui est le cas de notre logique implicative. Ce qui semble mettre notre conjecture en doute. Des logiciens plus compétents que moi peuvent revenir sur cette question dont il faut cependant reconnaître un intérêt mineur pour l'ASI. En revanche l'identification de l'implication statistique en tant que **logique paracohérente** du premier ordre a conféré un authentique statut à l'ASI au sein des mathématiques formelles. *L'ASI est un concept mathématique, au-delà d'une simple technique d'analyse de données.*

Actes du 10ème colloque d'Analyse Statistique Implicative

Edition :
Université Bourgogne Franche-Comté - Besançon

Version numérique ISBN : 978-2-9562045-3-4

Nouvelle version numérique corrigée et augmentée de la 1ère édition imprimée remise aux participants au colloque.

Année 2020