

# Musique stochastique et masse sonore

*Jean Stéphane Ricol*

## La quantification de l'espace et du temps

Dans la plupart des cultures, la musique peut toujours être représentée dans une certaine quantification bien définie tant dans l'espace tonal (quantification des hauteurs) que dans le temps (pulsation). Concernant la quantification des hauteurs, la gamme tempérée par exemple – et les gammes occidentales qui en découlent – comprend 12 notes toutes séparées de demi-tons égaux. Les gammes plus orientales (d'origine arabe, perse, indienne...), qui possèdent des intervalles de  $1/4$  de tons, comprennent également un nombre de notes et d'écartes bien définis. Les intervalles temporels séparant les notes d'une mélodie sont également quantifiables (au sein d'une mesure justement) et sont toujours le résultat d'un multiple d'une certaine division, ainsi la notation occidentale en blanches, noires, croches... Cette quantification temporelle est liée intrinsèquement à la notion de pulsation et donc au fait qu'une œuvre musicale possède une certaine périodicité rythmique. Ces quantifications illustrent bien le mythe du nombre en musique, on pourrait parler également des rapports des fréquences des notes, de l'utilisation du nombre d'or, etc.

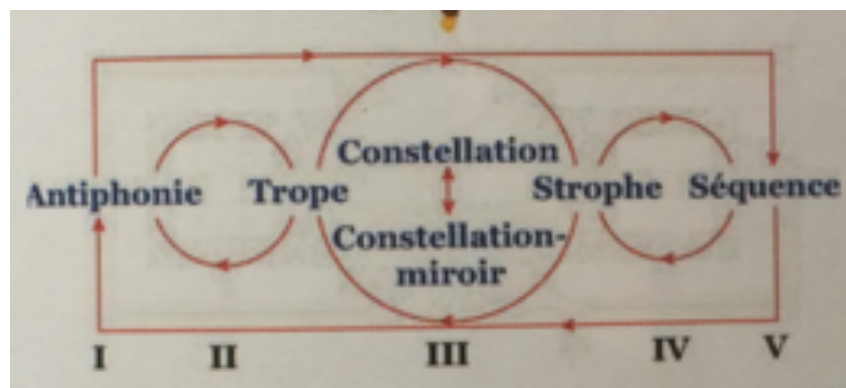
Certains compositeurs de la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle trouvent que la composition musicale est trop liée à cette quantification du rythme et de la hauteur qui la rend prédictible et trop rationnelle. Ils cherchent donc à s'en affranchir en introduisant des processus aléatoires.

## Le hasard en musique

L'utilisation théorique du hasard en musique date du début du XX<sup>e</sup> siècle avec l'apparition de la musique sérielle qui consiste à utiliser les 12 sons de la gamme tempérée afin de supplanter la musique tonale.

Chez John Cage (1912-1992), compositeur, poète et plasticien américain, le hasard est au cœur de la composition, il crée ainsi des pièces pour piano préparé avec insertion d'objet sur les cordes du piano pour modifier la hauteur et le timbre, et élimine la notion de structure d'une œuvre en introduisant l'aléatoire, tant au niveau de l'acte compositionnel que dans l'immense liberté laissée à l'interprétation. Cage prétendait que l'une des composantes les plus intéressantes en art était en fait ce facteur d'imprévisibilité où des éléments extérieurs s'intégraient à l'œuvre de manière accidentelle<sup>1</sup>.

Dans sa correspondance avec John Cage, Pierre Boulez (1925-2016), compositeur et mathématicien français, expose ses réflexions sur la musique dodécaphonique, et développe un système de composition basé sur le calcul matriciel : à partir d'une série initiale de 12x12 notes, Boulez crée un système qui permet de jouer la série de 12 manières différentes (12 enchainement différents des 12x12 notes) et laisse la liberté de choisir, au début du morceau, une possibilité parmi les 12 proposées. Ce choix possible laissé à l'interprète donne à l'œuvre une ouverture, dont le terme est préférable à celui d'aléatoire, ainsi Boulez décrit un système de composition d' « œuvres ouvertes », si l'on se réfère à la pensée d'Umberto Eco. Ainsi dans sa *Troisième Sonate*, Boulez offre à l'interprète plusieurs choix de lecture au moyen d'un graphique comprenant plusieurs chemins possibles pour jouer les différentes parties écrites.



Graphe de *Troisième sonate*

Ainsi, Boulez travaille sur un hasard modélisé alors que Cage évoque un hasard ni maîtrisé, ni maîtrisable. Ce dernier s'affranchit donc totalement du déterminisme en composition, les valeurs de temps et d'espace ne sont plus quantifiées et peuvent prendre n'importe quelle valeur.

<sup>1</sup> Conversation entre Esther Ferrer et André Éric Létourneau, Actes du colloque « Création en milieu contraint », Biennale de Paris, Musée du quai Branly, Paris, 2009.

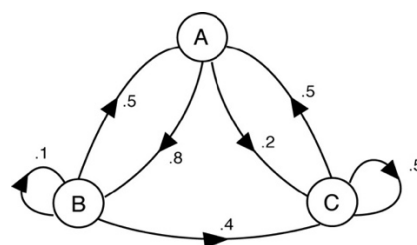
## La musique stochastique chez Iannis Xenakis

Iannis Xenakis (1922-2001) compositeur, ingénieur et architecte d'origine grecque introduit le calcul des probabilités dans la réalisation de ses œuvres : on parle alors de musique stochastique. En se basant sur l'observation de phénomènes naturels et sociaux, chant des cigales ou manifestation de foule, Xenakis décide d'explorer d'autres formes de composition et s'interroge notamment sur le déterminisme de notre système musical.

En s'appuyant sur les lois de la physique de la fin du XIX<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècle qui régissent les systèmes à grands nombres de particules (propriétés cinétiques des gaz notamment), il développe un système de composition basé sur le calcul de probabilités et donc dirigé par le hasard.

Nous pouvons déjà contrôler les transformations continues de grands ensembles de sons granulaires ou continus. En effet, les densités, les durées, les registres, les vitesses, etc., peuvent être soumis aux lois des grands nombres avec les approximations nécessaires. Nous pouvons donc, à l'aide des moyennes et des écarts, donner visages à ces ensembles et les faire évoluer dans différentes directions. La plus connue est celle allant de l'ordre au désordre ou vice versa. La notion de l'entropie y est introduite, mais [...] nous pouvons concevoir d'autres transformations continues. Par exemple, un ensemble de sons pincés se transformant d'une façon continue en un ensemble de sons *arco*<sup>2</sup>.

Xenakis utilise les formules des probabilités et de la statistique pour mesurer et faire évoluer les caractéristiques d'un système sonore (densité, vitesse de changement, degré d'ordre...) ; il peut ainsi paramétrer les apparitions et successions d'évènements sonores : à quel moment, avec quelle vitesse d'apparition... Il utilise notamment les chaînes de Markov qui prennent en compte les liens probabilistes qui existent entre les évènements. Ainsi dans l'exemple illustré, l'évènement A n'a pas la même probabilité d'apparition après B ou après C (voir graphe suivant).



Markov graph of transition probabilities between states A, B and C

---

<sup>2</sup> Nouritza Matossian, *Iannis Xenakis*, Fayard/Sacem, Paris, 1981, p. 116-117.

## Abstraction de l'espace et du temps

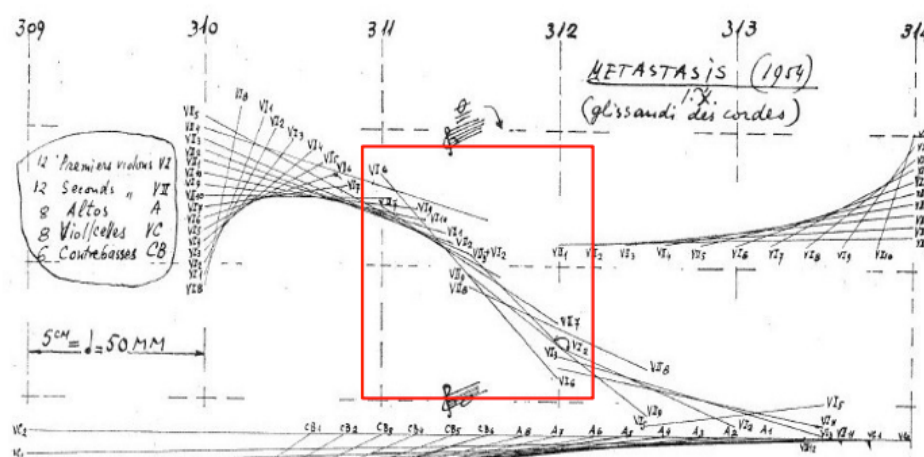
Xenakis fait en 1958 un parallèle entre un gaz constitué de molécules et une masse sonore constituée de sons ponctuels :

Identifions les sons ponctuels, par exemple des pizzicati, aux molécules ; nous obtenons une transformation du domaine physique au domaine sonore. Le mouvement individuel des sons ne compte plus. L'effet massal et son évolution prennent un sens tout nouveau, le seul valable, lorsque les sons ponctuels sont en nombre élevé<sup>3</sup>.

Il utilise la formule de Maxwell et Boltzmann utilisée en théorie cinétique des gaz pour connaître la distribution de vitesse  $v$  des molécules d'un gaz à une température  $t$  :

$$f(v) = \frac{0,2}{t\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{v^2}}$$

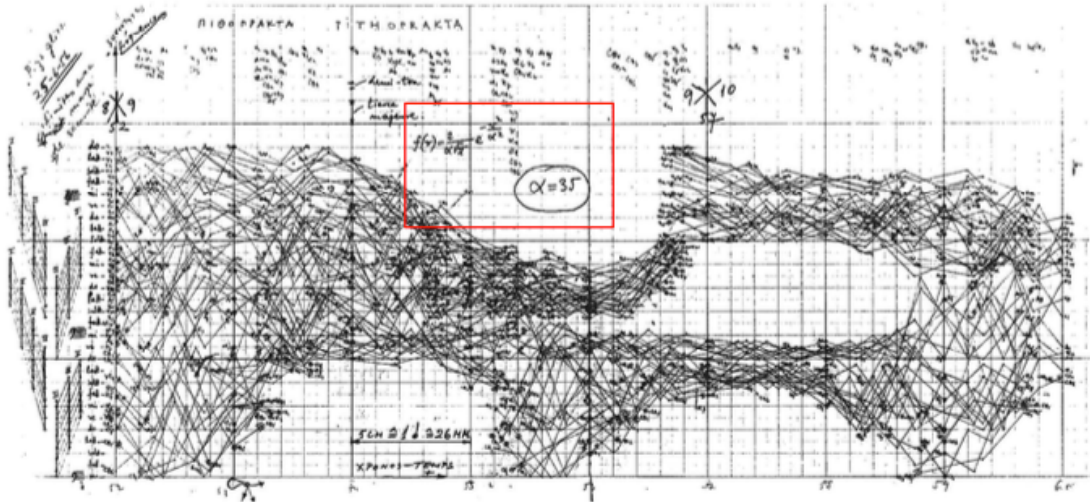
Pour extrapoler cette formule à sa composition, il lui faut définir les notions de vitesse et de température en musique. La vitesse est définie par le rapport entre la distance et le temps nécessaire pour la parcourir ( $v=d/t$ ). Xenakis définit la distance comme la hauteur qui sépare deux notes. Ainsi la « vitesse » d'un son se calcule par le rapport d'un intervalle (seconde, tierce, quarte,...) et par le temps nécessaire pour passer d'une note à l'autre en faisant un glissando : dans *Metastasis* (1955), à la mesure 311, Xenakis définit la vitesse de glissandi du 6<sup>e</sup> violon I qui descend de 18 demi-tons en 1 mesure.



<sup>3</sup> in Solomos, Makis, *Iannis Xenakis*, Mercuès, P.O. Editions, 1996, p. 27.

Pour la température, Xenakis utilise une notion abstraite, la température d'une atmosphère sonore. Dans *Pithoprakta* (1955-1956), mesures 52 à 60, Xenakis utilise un graphique qui indique une constante de « température »  $a = 35$ , mais ne précise pas cette notion. François-Bernard Mâche indique que cette notion est assimilée au degré d'agitation de la masse sonore<sup>4</sup>. Pour ces quelques mesures Xenakis calcule de manière probabiliste 1142 vitesses réparties en 18,5 secondes.

*Pithoprakta* (1955-56), mesures 52-59 : graphique de Xenakis  
 Source : Iannis Xenakis, *Musique. Architecture*, Tournai, Casterman, 1976, p. 167



En faisant le parallèle entre une composition musicale et un gaz, Iannis Xenakis conserve la quantification des objets « microscopiques » (les notes) mais les travaille au sein d'un ensemble « macroscopique » (une masse sonore) comme autant de molécules liées entre elles mais indépendantes. Il utilise de nombreuses formules mathématiques qui donnent à la composition un aspect aléatoire et presque vivant car régi par des lois probabilistes et non déterministes. Le résultat cherché, selon Xenakis, est « *une modulation plastique de la matière sonore* » et on peut voir dans ses termes comme dans sa propension à l'utilisation de graphiques très précis, notamment dans sa définition des vitesses, une volonté de sculpter la musique et donc une certaine spatialisation du temps.

## Méthode de recherche

En cherchant sur internet les mots clés « espace / temps en musique » je suis tombé sur un cours d'Emmanuel Thiry relatant de nombreux concepts liés au temps dans la musique et me faisant découvrir Iannis Xenakis et son emploi de formules physiques stochastiques en composition musicale.

<sup>4</sup> MÂCHE François-Bernard, « Iannis Xenakis. Introduction aux œuvres », in GERHARDS Hugues (éd.), *Regards sur Iannis Xenakis*, Paris, Stock, 1981, p. 153-166.

Toujours au moyen d'un moteur de recherche sur internet (mots clés « xenakis stochastique »), j'ai découvert la page internet officielle consacrée à Xenakis et j'ai ainsi pu découvrir son œuvre *Pithoprakta*.

À partir de ces informations j'ai effectué des recherches dans la bibliothèque électronique JSTOR et découvert de très nombreux articles liés au compositeur et à l'œuvre. En affinant mes recherches j'ai pu découvrir deux articles qui ont principalement attiré mon attention.

À la bibliothèque du CFMI j'ai également emprunté un livre faisant un parallèle entre mathématiques et musique qui a pu apporter un éclairage complémentaire.

## **Bibliographie**

### **Sites internet**

[http://emmanuelthiry.chez-alice.fr/musique\\_et\\_temps.htm](http://emmanuelthiry.chez-alice.fr/musique_et_temps.htm) - Consulté le 22/12/2017

<http://www.iannis-xenakis.org/fxe/actus/bosseur.html> - Consulté le 22/12/2017

<http://emilreinert.wifeo.com/mathematiques-et-musique.php> - Consulté le 20/01/2018

<https://www.universalis.fr/encyclopedie/musique-aleatoire/2-le-hasard-chez-john-cage/> - Consulté le 07/02/2018

### **Articles**

Solomos, Makis, « Iannis Xenakis, trois composantes de l'univers xenakien » in Nicolas Donin, Laurent Feneyrou (dir.), *Théories de la composition musicale au XX<sup>e</sup> siècle*, volume 2, Lyon, Symétrie, 2013, p. 1057-1080.

Solomos, Makis, « Sculpter le son » in François-Bernard Mâche, *Portrait(s) de Iannis Xenakis*, Bibliothèque Nationale de France, p. 133-142, 2001 <hal-01202905>

### **Ouvrages papiers**

*Maths et musique, des destinées parallèles*, Bibliothèque Tangente HS n° 11, éditions Pôle, Avril 2010.