

[Version adaptée pour ATIAM d'un article à paraître dans N. Donin and L. Feneyrou (dir.), *Théorie de la composition musicale au XX^e siècle*, Symétrie, 2009]

Musique algorithmique

Moreno Andreatta

La plupart des études sur la musique algorithmique soulignent, à juste titre, le caractère systématique et combinatoire de certaines démarches compositionnelles qui ont accompagné l'évolution de la musique occidentale. De l'isorythmie du Moyen Âge aux *musikalische Würfelspiele* ou « jeux musicaux » attribués à Johann Philipp Kirnberger, Wolfgang Amadeus Mozart, Josef Haydn ou Carl Philipp Emmanuel Bach, l'utilisation de méthodes combinatoires et algorithmiques n'a pas dû attendre l'« implémentation » informatique pour voir le jour¹.

Minuet

The image displays a musical score for a Minuet, consisting of four systems of music. Each system contains two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The music is written in a key signature of one sharp (F#) and a 3/4 time signature. The score includes various musical notations such as notes, rests, and ornaments. Specific measures are labeled with alphanumeric codes: MB0, MB4, MB14, MB3, MB7, MB105, MB100, MB5, MB129, MB150, MB9, MB137, MB115, MB41, and MB3. There are also annotations for triplets, indicated by a '3' in a bracket above the notes. The score is presented within a rectangular frame.

Fig 0.1 : « Jeux musicaux » (générés par <http://sunsite.univie.ac.at/Mozart/dice/>)

¹ En attendant un article sur la musique algorithmique dans le *Grove Music Online*, nous renvoyons le lecteur à l'étude de Karlheinz ESSL, « Algorithmic Composition » (*The Cambridge Companion to Electronic Music* (Nick COLLINS et Julio D'ESCRIVAN, éd.), Cambridge : Cambridge University Press, 2007, p. 107-125) pour une analyse plus large des procédés algorithmiques. On pourrait penser, et c'est l'hypothèse la plus souvent proposée, que c'est l'artifice de l'écriture qui rend possible l'exploration de la combinatoire. Cela est sans doute vrai dans plusieurs répertoires, des polyphonies complexes de Philippe de Vitry ou Guillaume de Machaut aux œuvres sérielles intégrales de la seconde moitié du XX^e siècle. Cependant, comme l'ont bien montré certains travaux d'ethnomusicologie et d'ethnomathématique (voir Marc CHEMILLIER, *Les Mathématiques naturelles*, Paris : Odile Jacob, 2007), l'utilisation d'algorithmes est également présente dans les musiques de tradition orale – une problématique que nous n'aborderons cependant pas ici, car elle dépasse le cadre de cette étude.

Cependant, c'est précisément avec l'avènement de l'ordinateur que tous ces procédés formels deviennent des algorithmes, ouvrant ainsi des questions qui touchent au caractère automatisable et « computationnel » de la création musicale (et, plus généralement, artistique). En effet, le sens courant du terme « algorithme », en tant qu'« ensemble prédéterminé d'instructions pour résoudre un problème donné dans un nombre limité d'étapes² », rend cette notion extrêmement générique et applicable à toute démarche humaine où une forme de « calcul » est à l'œuvre. Il n'est donc guère surprenant que dans la musique, « calcul secret que l'âme fait à son insu³ » (Gottfried Wilhelm Leibniz), on puisse retrouver des procédés formels susceptibles d'être décrits à l'aide de programmes informatiques.

Si cette définition intuitive du terme « algorithme » a l'avantage de ne pas identifier le concept avec son utilisation courante en informatique, elle rend cependant impossible la tâche de caractériser la spécificité de la démarche algorithmique en musique par rapport à d'autres disciplines. Il s'avère nécessaire d'introduire une définition plus restrictive de l'expression « musique algorithmique », capable de rendre compte des évolutions computationnelles de la pensée musicale, et en particulier de l'interaction entre théorie et composition, à partir de la seconde moitié du XX^e siècle. Comme le souligne Charles Ames dans une introduction à la composition automatique, un algorithme peut être défini comme « une procédure computationnelle qui, après un nombre fini (mais non nécessairement petit) d'étapes, donne *toujours* comme réponse soit une solution correcte soit la réponse que cette solution n'existe pas⁴ ». Toute musique algorithmique est donc potentiellement formalisable à l'aide d'un modèle computationnel, ce modèle pouvant trouver une réalisation sous la forme ou bien d'un programme informatique ou bien d'un processus de calcul mathématique qui n'est pas forcément réductible à son implémentation informatique⁵. Notons cependant qu'une somme de procédés algorithmiques ne donne pas nécessairement une musique que l'on pourra qualifier d'algorithmique. La définition de « musique algorithmique » que nous utiliserons dans ce chapitre implique une correspondance bijective entre la partition (ou les sons générés) et les sorties du programme informatique ou le processus de calcul mathématique qui l'engendre. En outre, nous allons nous restreindre au cas d'un processus algorithmique susceptible d'engendrer la partition, laissant ainsi de côté, par exemple, les nombreuses expériences autour de l'utilisation de l'ordinateur pour l'analyse et la synthèse sonores⁶.

² Voir Karlheinz ESSL, « Algorithmic Composition », *op. cit.*, p. 107.

³ La musique, écrit Leibniz dans une lettre à Christian Goldbach du 17 avril 1712, est « exercitium arithmeticae occultum nescientis se numerare animi » (Gottfried Wilhelm LEIBNIZ, *Epistolae ad diversos*, vol. 1 (Christian KORTHOLT, éd.), Leipzig, 1734, p. 240).

⁴ Charles AMES, « Automated Composition in Retrospect : 1956-1986 », *Leonardo Music Journal*, XX/2 (1987), p. 185. Nous préférons cependant utiliser l'expression de « musique algorithmique » au lieu de celle de « musique automatique » (ou « automatisée »), car l'élément « computationnel » caractérise l'objet d'étude (par exemple la partition ou le processus compositionnel), et non nécessairement le support qui l'engendre. Les pièces pour piano mécanique de Conlon Nancarrow, par exemple, relèvent certes de la catégorie de musique automatique, mais elles ne sont pas des compositions algorithmiques (bien qu'une pensée algorithmique puisse être à la base de l'exploration méthodique et systématique par le compositeur des structures rythmiques).

⁵ Cette distinction entre modèle informatique et processus de calcul mathématique pourrait sembler inutile, à la lumière, par exemple, de la théorie de la calculabilité (voir notamment Gilles DOWEK, *Les Métamorphoses du calcul. Une étonnante histoire des mathématiques*, Paris : Le Pommier, 2007). Cependant, si la thèse de Church affirme qu'il y a bien équivalence entre une méthode effective de calcul et la calculabilité au sens mathématique, il est pour nous important, en musique, de dissocier la nature mathématique d'un procédé de calcul de son éventuelle modélisation informatique. Cela permettra d'opérer une distinction par rapport aux compositeurs / théoriciens qui ont abordé le problème de la musique algorithmique à partir des mêmes outils formels, mais selon une démarche très différente en ce qui concerne le rôle de l'informatique.

⁶ Voir, sur le plan historique, *Music from Mathematics* (disque vinyle LP, Bell Telephone Laboratories Record 122227, 1960), incluant une série d'expériences menées à la fin des années 1950 aux Bell Laboratories. Pour une analyse de cette approche, nous renvoyons à la contribution de Martin Laliberté dans le présent ouvrage, ainsi qu'aux nombreux écrits théoriques de Jean-Claude Risset, l'un des pionniers de l'utilisation des modèles

Dans cet article, nous nous proposons donc d'aborder l'histoire de la musique algorithmique en privilégiant les tentatives des compositeurs du XX^e siècle d'inscrire cette catégorie à l'intérieur d'une réflexion plus générale touchant aux rapports entre l'ordinateur et une démarche de formalisation et de modélisation en théorie et en composition musicales. Après un survol historique sur la naissance de la musique algorithmique dans la seconde moitié du XX^e siècle, et sur le rôle joué par la théorie mathématique de l'information dans l'émergence d'une approche computationnelle dans la composition et l'analyse, nous nous concentrerons sur trois figures majeures de la musique algorithmique en France : Michel Philippot (1925-1996), Pierre Barbaud (1911-1990) et André Riotte (né en 1928). L'originalité des conceptions de ces trois compositeurs / théoriciens réside, à notre avis, dans le fait d'avoir insisté sur l'utilité d'une articulation féconde entre plusieurs paradigmes en informatique musicale et des démarches issues des mathématiques abstraites, et d'avoir ainsi proposé des outils généraux pour l'étude des fondements théoriques de la musique.

Vers la musique algorithmique : combinatoire sérielle chez Josef Matthias Hauer

Comme nous l'avons déjà souligné, selon la définition que l'on donne du terme « algorithme », on peut établir des chronologies différentes en ce qui concerne la naissance et le développement de la musique algorithmique, en particulier au cours du XX^e siècle. Prenons d'abord la définition plus générale de musique algorithmique en tant qu'orientation théorique ou technique compositionnelle basée sur la donnée d'une famille prédéterminée d'énoncées ou d'instructions pour résoudre un problème théorique ou compositionnel en un nombre limité d'étapes. Les développements considérables des réflexions autour du rapport entre mathématiques et musique, en particulier à partir des années 1940, ont eu évidemment beaucoup d'influence sur la prise de conscience, de la part des théoriciens de la musique et des compositeurs, de l'intérêt d'automatiser certains procédés compositionnels. Dans sa discussion critique de l'histoire de la *set theory* américaine, Luigi Verdi souligne la place centrale occupée par de nombreux compositeurs / théoriciens européens qui ont été de véritables précurseurs de l'approche algorithmique de type « set-théorique » en musique⁷.

Mentionnons à cet égard l'importance des travaux théoriques de Josef Matthias Hauer (1883-1959), compositeur qui a été l'un des premiers à étudier de façon systématique les possibilités de division de l'échelle de douze sons en deux hexacordes complémentaires et non ordonnés, appelés *tropes*⁸. Le travail systématique sur les structures d'hexacordes, dont le compositeur achève l'énumération exhaustive au début des années 1920⁹, contribue à la mise

mathématiques et informatiques dans la synthèse sonore (voir, par exemple, Jean-Claude RISSSET, « Computing Musical Sound », *Mathematics and Music. A Diderot Mathematical Forum* (Gérard ASSAYAG, Hans Georg FEICHTINGER et Jose Francisco RODRIGUES, éd.), Berlin : Springer, 2002, p. 215-231).

⁷ Voir Luigi VERDI, « L'histoire de la *Set Theory* d'un point de vue européen », *Autour de la Set Theory. Rencontre musicologique franco-américaine* (Moreno ANDREATTA, Jean-Michel BARDEZ et John RAHN, éd.), Sampzon : Delatour / Ircam, 2008, p. 25-46. Notons que l'expression « set-théorique », lorsqu'elle est employée pour indiquer une démarche basée sur l'application des théories ensemblistes et algébriques à la musique, constitue l'une des déclinaisons de la musique algorithmique dans sa définition la plus large.

⁸ C'est, entre autres choses, le caractère non ordonné de ces hexacordes qui constituent l'une des différences majeures entre la théorie des tropes de Hauer et la pratique compositionnelle de Schoenberg, pour laquelle une série dodécaphonique reste toujours implicitement une *Reihe*, à savoir une suite ou une séquence ordonnée de douze (ou bien deux fois six) sons. L'idée de décomposer une série dodécaphonique dans une réunion disjointe de deux hexacordes non ordonnés sera ensuite reprise et généralisée par Milton Babbitt à travers le concept de combinatorialité (voir le chapitre rédigé par Stephan Schaub dans le présent volume).

⁹ Josef Matthias HAUER, « Die Tropen und ihre Spannungen zum Dreiklang », *Die Musik*, XXVII/4 (1924-1925), p. 254-256. En français, voir Josef Matthias HAUER, *L'Essence du musical. Du melos à la timbale. Technique dodécaphonique* (Alain FOURCHOTTE, éd.), Nice : Publications de la Faculté des lettres de Nice, 2000.

en place d'une véritable approche algorithmique de la composition dont le résultat sera une série de « jeux dodécaphoniques » ou *Zwölftonspiele*.

Figure 0.2 : Fig. 11.22 : Hauer, *Zwölftonspiel* (1958), mes. 1 in Barbaud, *M.M.* p. 46.
[extrait de la thèse de Nicolas Viel, p. 452]

En Europe, l'influence de Hauer est restée, à première vue, assez limitée, en raison non seulement de certains aspects ésotériques de son approche théorique, mais aussi, et surtout, du caractère ludique de ses « jeux dodécaphoniques », qui ne pouvaient pas tenir la comparaison avec les œuvres d'Arnold Schoenberg, Anton Webern et Alban Berg. Cependant la contribution de Hauer à la radicalisation d'une démarche algorithmique en composition musicale est indéniable si l'on considère son influence indirecte sur la naissance de la *set theory* au sein de la tradition américaine, ainsi que la portée théorique de certaines constructions, comme l'utilisation de la représentation circulaire pour indiquer les relations possibles entre les notes à l'intérieur de la gamme chromatique. Nous reviendrons sur cet aspect à propos de Pierre Barbaud, qui a reconnu l'influence de l'approche hauerienne sur sa conception de la musique algorithmique.

La musique algorithmique, le sérialisme et son dépassement

Avec Hauer, nous avons introduit un premier aspect du développement de la musique algorithmique au XX^e siècle : la prise de conscience du caractère algorithmique des méthodes dodécaphoniques, puis sérielles, dont le développement et l'inévitable dépassement mèneront à l'introduction d'algorithmes non déterministes. Les rares compositions de Iannis Xenakis que l'on peut considérer comme des expériences algorithmiques appartiennent à cette première catégorie : *Achorripsis* (*Jets sonores*, de *achos*, forme dorienne de *ichos*, son, et *riipseis*, jets, 1956-1957), pour vingt et un musiciens, et la série des pièces stochastiques écrites entre 1956 et 1962 : *ST/48*, 1-240162, pour quarante-huit musiciens ; *ST/10*, 1-080262, pour dix musiciens ; *ST/4*, 1-080262, pour quatuor à cordes ; *Morsima-Amorsima* (ou *ST/4*, 2-030762), pour quatre musiciens ; et *Atrées* (ou *ST/10*, 3-060962), pour onze musiciens¹⁰.

¹⁰ L'inclusion de ces travaux de Iannis Xenakis parmi les pièces algorithmiques pose néanmoins un problème que l'on ne peut passer sous silence : le compositeur a toujours revendiqué la liberté de changer les résultats

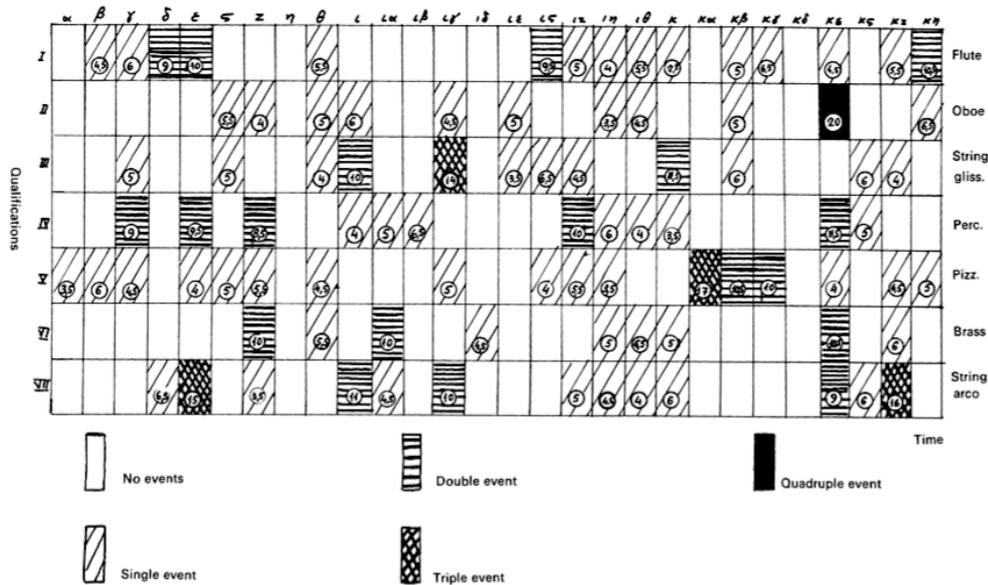


Figure 0.3 Matrice d'*Achorripsis* (1957) de Iannis Xenakis

D'autres approches s'inscrivent dans cette première orientation de la musique algorithmique, dans la trajectoire du sérialisme et son dépassement à l'aide du calcul statistique et de la musique électronique : celles de l'Institut de sonologie d'Utrecht, en particulier par Gottfried Michael Koenig (né en 1926) et Otto Laske (né en 1936)¹¹. Dans ses réflexions théoriques et esthétiques des années 1954-1961, Koenig insiste à plusieurs reprises sur l'influence du sérialisme dans sa démarche algorithmique, mais aussi sur le rôle des mathématiques dans les rapports entre théorie et composition. Ce dernier aspect est discuté dans « Musik und Zahl » (« Musique et nombre »), un long article écrit à la fin des années 1950 – donc à une époque qui précède la conception des environnements pour la composition algorithmique assistée par ordinateur¹². Quant à l'inscription de sa démarche algorithmique dans le prolongement / dépassement du sérialisme, elle est explicite dans ses programmes compositionnels *Project 1* et *Project 2*, motivés par la possibilité d'écrire de la musique instrumentale avec les connaissances (mais sans les moyens) de la musique électronique, à la lumière d'une critique du sérialisme¹³. Le point de départ de Koenig consiste, en effet, à

produits par les algorithmes de calcul dans la phase finale de l'écriture musicale. Comme il l'affirme en conclusion du cinquième chapitre de *Formalized Music*, dédié précisément à la présentation de la musique stochastique libre par ordinateur : « À cause des incertitudes introduites dans le programme, le compositeur-pilote peut instiller sa propre personnalité dans le résultat sonore qu'il obtient » (Iannis XENAKIS, *Formalized Music. Thought and Mathematics in Music* (1971), Stuyvesant : Pendragon Press, 1992, p. 144). On mesure la distance qui sépare ce compositeur d'autres représentants de la musique algorithmique (et en particulier de Pierre Barbaud), pour lesquels la partition est assimilable au programme informatique qui l'engendre.

¹¹ On citera également les contributions de deux compositeurs canadiens ayant travaillé avec Koenig et Laske dans le domaine de l'interaction avec l'ordinateur, de la synthèse sonore et des environnements temps réel : Barry Truax et William Buxton. Le rapport entre musique algorithmique et temps réel constitue un domaine qui a connu un développement croissant à partir des années 1980, un sujet qui dépasse largement les limites de notre étude. Sur cet aspect, voir Karlheinz ESSL, *Strukturgeneratoren. Algoritmische Musik in Echtzeit*, Graz : Institut für elektronische Musik an der Hochschule für Musik und darstellende Kunst, 1996.

¹² Gottfried Michael KOENIG, « Musik und Zahl » (1958), *Ästhetische Praxis. Texte zur Musik*, vol. I : 1954-1961, Sarrebruck : Pfau, 1991, p. 7-62.

¹³ Voir Gottfried Michael KOENIG, *Ästhetische Praxis*, op. cit., p. X. Comme l'a écrit Agostino Di Scipio, Koenig ne considère pas uniquement la pensée sérielle comme une démarche systématique, mais plutôt comme un « méta-système, une attitude mentale générale permettant de développer d'innombrables systèmes particuliers

remplacer la machine permutationnelle du sérialisme par des fonctions aléatoires, au travers d'un principe de nature dialectique appelé « principe RI » (ou principe de régularité / irrégularité), inspiré par le caractère non répétitif du processus sériel, et dont l'implémentation dans le programme informatique *Project1* lui permet de contrôler pleinement chaque événement musical. Cinq paramètres suffisent pour coder un événement, ce qui explique que la sortie du programme soit une table (*score-table*) où chaque ligne contient l'information sur le type d'instrument auquel l'événement appartient, la distance entre les points d'attaques des événements (*entry delay*), la hauteur, le registre et l'intensité (exprimé en notation musicale). Le programme *Project1* ne produit comme sortie du calcul que des séquences homophoniques, tandis que l'organisation de ces séquences dans une éventuelle structure polyphonique est possible dans la version suivante du programme (*Project2*), qui ajoute à la liste précédente des paramètres supplémentaires donnant au musicien un contrôle plus fin sur le processus compositionnel. La seule indication sur les points d'attaques entre les événements étant insuffisante pour gérer la dimension rythmique, le programme *Project2* permet de contrôler également les durées, les silences et les tempos. Cette seconde version du programme permet enfin de contrôler les paramètres harmoniques, en donnant par exemple des matrices spécifiant les distances intervalliques possibles entre les événements musicaux¹⁴. Comme l'affirme Koenig dans un écrit consacré aux processus compositionnels, « la difficulté principale dans le développement des programmes informatiques pour la composition réside certainement dans la détermination de la ligne de démarcation entre le processus automatique et l'influence dynamique exercée par le compositeur à travers les données d'entrée (*input*) et les fenêtres de dialogue avec la machine¹⁵ ». Notons cependant que *Project1* et *Project2* ne sont pas des systèmes « interactifs » qui permettent au compositeur / programmeur de modifier les données au cours de l'évaluation. Le dialogue entre le compositeur et l'ordinateur se limite ainsi à une analyse, par le compositeur, des résultats obtenus en fonction de la formalisation préalable d'un problème musical ou d'un processus compositionnel donné.

Les exemples de musique algorithmique abordés jusqu'à présent appartiennent à une même famille dont l'élément unificateur est la volonté des compositeurs de se confronter au sérialisme, soit pour en généraliser les principes de base, soit pour en dépasser le caractère combinatoire et permutationnel grâce à des techniques stochastiques et aléatoires. Une autre orientation, qui a historiquement précédé celle que l'on vient de décrire, prend comme point de départ une réflexion théorique sur les aspects systématiques de la composition (de la musique tonale à la musique dodécaphonique et sérielle), en vue d'une description analytique de laquelle le compositeur pourra déduire des outils génériques susceptibles d'une application compositionnelle. Dans le cas de l'analyse de la musique tonale (voir les travaux de Lejaren Hiller et Leonard M. Isaacson aux Etats-Unis, et de Pierre Barbaud en France), il s'agit de formaliser, par exemple, les règles du contrepoint, la logique des enchaînements harmoniques, ainsi que les constructions de mélodies stylistiquement correctes. En ce qui concerne l'analyse de la musique dodécaphonique et sérielle, Michel Philippot et André Riotte s'appuient sur des paradigmes mathématiques comme la théorie de l'information ou la théorie des automates pour en discuter la pertinence d'une modélisation des phénomènes musicaux à l'aide de l'ordinateur. Cependant, on le verra, le paradigme informationnel ne s'applique pas

du point de vue de leur réalisation compositionnelle » (introduction à Gottfried Michael KOENIG, *Genesi e forma. Origine e sviluppo dell'estetica musicale elettronica*, Rome : Semar, 1995, p. V).

¹⁴ Le lecteur trouvera dans Charles AMES, « Automated Composition in Retrospect », *op. cit.*, p. 176-178, une analyse approfondie de l'*Übung für Klavier (Étude pour piano, 1970)*, composition algorithmique dont l'ambition dépasse largement le titre choisi par l'auteur, produite à l'aide du programme *Project2*.

¹⁵ Gottfried Michael KOENIG, *Genesi e forma, op. cit.*, p. 75.

uniquement à l'analyse de la musique dodécaphonique : il constitue un outil privilégié pour relier l'analyse de la musique *en général* à des expériences de composition algorithmique¹⁶.

Théorie de l'information, théorie musicale et composition algorithmique

Cette théorie [de l'information] est si générale que l'on n'a pas besoin de dire quelles sortes de symboles sont considérés – que ce soient des mots ou des lettres écrits, ou des notes musicales, ou des mots parlés, ou de la musique symphonique ou des images¹⁷.

L'un des premiers exemples de composition algorithmique est une petite pièce, « *Push Button Bertha* » (« *Pousser le bouton Bertha* », 1956), obtenue par deux mathématiciens américains, Martin Klein et Douglas Bolitho, à l'aide de l'ordinateur Datatron. Il s'agit probablement d'une mélodie composée avec des procédés aléatoires, comme l'indique l'encadré au début de la partition, mais aussi avec des techniques de filtrage, interdisant certains intervalles et enchaînements d'accords.

"PUSH BUTTON BERTHA"

LYRIC BY JACK OWENS MUSIC BY DATATRON
REWER MATHEMATICIANS
DR. MARTIN KLEIN
DR. DOUGLAS BOLITHO

2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
 0 0 0 0 0 1 1 9 2 2
 RANDOM NUMBERS
 USED FOR MUSIC.

MODERATE BRIGHT BRASS

SHE'S PUSH - BUT-TON BER-THA - SWEET MA-CHINE. WHAT A QUEEN
 CAL-CU - LAT - IN' DAL - PI - TA - TIN' CHICK - WITH A
 CLICK - MY PUSH - BUT-TON BER-THA - NOT TOO LARGE. WHAT A CHARGE
 E - LEC - TRON - IC SU - PER - CON - IC FRIEND - THE
 END - ONE SHE'S CO - ER - A - TIN' - WATCH HER ROK AND ROLL -
 BER - THAS NOT DE - MAND - ING - NEV - ER WANTS YOUR DOUGH -
 COOL AND CAL - CU - LA - TIN' THIS GAL HAS NO HEART OR SOUL - SHE'S
 AL - WAYS UN - DER - STAND - ING. JUST FLIP A SWITCH AND SHE'LL GO -
 PUSH - BUT-TON BER-THA - AU - TO - MA - TION DI - JINE
 NOW HEAR THIS - SHE CAN'T KISS
 PAY THE LIGHT BILL AND YOU'RE RIGHT SHE'S MINE - ALL MINE -
 TEN WEIGHT OIL - MAKES HER LOY - AL DREAM - MA - CHINE -

© 1956 BY OWENS-KEMP MUSIC CO. - CASPER, WY. - ALL RIGHTS RESERVED.

Exemple 1

Douglas BOLITHO et Martin KLEIN, « *Push Button Bertha* » (1956)

Partition de la pièce, l'une des premières réalisées par ordinateur

Extrait de Charles AMES, « Automated Composition in Retrospect : 1956-1986 », *Leonardo Music Journal*, XXI/2 (1987), p. 169 – Ames précise qu'il s'agit d'une œuvre sans copyright, donc du domaine public

¹⁶ Bien que certains auteurs aiment à souligner le rôle de précurseur joué par Joseph Schillinger dans l'émergence d'une orientation algorithmique en musique, nous restons sceptiques quant à la portée de ses contributions théoriques. Auteur de deux traités théoriques qui ont exercé une certaine influence dans le milieu de la musique contemporaine américaine de l'après-guerre, le mérite majeur de Schillinger est sans doute celui d'avoir ouvert la voie à l'introduction des méthodes géométriques en analyse musicale. Ses techniques combinatoires restent cependant très insuffisantes pour établir une véritable orientation algorithmique en composition musicale, et cela principalement en raison du fait que, comme l'a bien souligné l'un des ses commentateurs, « le peu de science et de mathématiques qu'on y trouve est banal, quand il n'est pas erroné » (John BACKUS, « Pseudo-Science in Music », *Journal of Music Theory*, IV/2 (1960), p. 231).

¹⁷ Claude SHANNON et Warren WEAVER, *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana : University of Illinois Press, 1949. Plus exactement, la citation est tirée de la deuxième partie de l'ouvrage, signée par Warren Weaver et intitulée « Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication ».

À l'exception d'un court article de Martin Klein (« Syncopation by Automation », « Syncope par automatisaion », publié dans le numéro de juin 1957 de la revue *Radio-Electronics*), un article commenté la même année par l'une des figures centrales de la tradition microtonale américaine, Ivor Darreg¹⁸, la pièce « *Push Button Bertha* » n'a pas alimenté de véritable discussion autour de l'utilisation de procédés statistiques en composition musicale, et reste donc essentiellement anecdotique, à la différence d'une autre composition algorithmique conçue à peu près à la même époque : la *Illiatic Suite* (*Suite Illiac*, 1957), pour quatuor à cordes, de Lejaren Hiller (1924-1994) et Leonard M. Isaacson (né en 1927)¹⁹. Cette suite, intitulée à l'origine *String Quartet n° 4*, résulte d'une série d'expériences (*experiments*), quatre principalement, menées par Lejaren Hiller et Leonard M. Isaacson à l'Université de l'Illinois à l'aide de l'ordinateur Illiac (Illinois Automatic Computer). Ces quatre expériences concernent des aspects différents de la composition musicale, du contrepoint (les deux premières) à la musique expérimentale (la troisième), pour aboutir, avec la quatrième, à ce que l'on peut considérer comme la toute première pièce de musique algorithmique produite à partir des chaînes de Markov²⁰. La liste suivante détaille les règles suivies par les compositeurs dans la troisième expérience afin d'obtenir de la « musique expérimentale » (*experimental music*). Les règles insérées dans l'ordinateur portent sur l'organisation rythmique, l'intensité, les modes de jeu (*playing instructions*) et le choix des hauteurs²¹.

¹⁸ Voir le document disponible à l'adresse : <http://sonic-arts.org/darreg/dar6.htm> (vérifié le 12 mars 2009).

¹⁹ Cette pièce a fait l'objet de plusieurs analyses, dont la première (Lejaren HILLER et Leonard M. ISAACSON, *Experimental Music. Composition with an Electronic Computer*, New York : McGraw-Hill, 1959) est un compte rendu détaillé, par les auteurs, des outils techniques employés, ainsi qu'une tentative d'offrir un panorama, limité, des recherches en cours dans le domaine de la composition par ordinateur. Ce panorama est évidemment plus large lorsque l'un des auteurs revient sur ces expériences compositionnelles une vingtaine d'années plus tard (voir Lejaren HILLER, « Music Composed with Computers – A Historical Survey », *The Computer and Music* (Harry LINCOLN, éd.), Ithaca : Cornell University Press, 1970, p. 42-96).

²⁰ Peu après cette *Illiatic Suite*, en 1959, Iannis Xenakis utilisera des séries simultanées de processus de Markov dans trois œuvres : *Analogique A*, pour neuf cordes, *Analogique B*, pour sons sinusoïdaux enregistrés, et *Syrmos* (*Traces* ou *Trainées*), pour dix-huit cordes. Bien que composées à partir de procédés algorithmiques, ces œuvres ne s'apparentent que superficiellement à la *Illiatic Suite*, comme Xenakis le soulignera lors de sa visite à l'Université de l'Illinois en mars 1967, où il présentera une liste des pièces générées entièrement ou partiellement à partir de programmes informatiques (voir Lejaren HILLER, « Music Composed with Computers », *op. cit.*, p. 78). Les expériences markoviennes n'y figurent pas, la liste s'ouvrant avec les pièces stochastiques de 1962 que nous avons évoquées précédemment, et se terminant avec deux œuvres que l'on hésiterait pourtant à considérer comme engendrées par des programmes informatiques : *Stratégie* (1962), jeu pour quatre-vingt-deux musiciens divisés en deux orchestres avec deux chefs, et *Eonta* (*Étants*, 1963-1964) pour piano et quintette de cuivres. Pour cette dernière pièce, il est précisé qu'il s'agit d'une partition « partiellement engendrées par l'ordinateur » (« *partially computer-generated* »), ce qui permettrait de déduire que toutes les autres ont été intégralement générées par ordinateur – une conclusion dont nous laissons le lecteur juger de la pertinence.

²¹ La signification de l'expression « *simple chromatic writing* » (« écriture chromatique simple ») ne va pas de soi, mais une comparaison avec la deuxième expérience basée sur le contrepoint de première espèce (formalisé selon les principes du *Gradus ad Parnassum* de Johann Joseph Fux) montrerait qu'au cours des quatre expériences, on assiste à un progressif abandon de la dimension diatonique et à une prise en compte croissante de l'espace chromatique.

Troisième expérience : musique expérimentale

Rythme, intensité, modes de jeu et écriture simple chromatique

- (a) Rythme élémentaire, intensité et modes de jeu
- (b) Musique chromatique aléatoire
- (c) Musique chromatique aléatoire combinée avec des rythmes modifiés, l'intensité et des modes de jeu
- (d) Musique chromatique contrôlée par une règle de changement d'octave, de résolution d'intervalle de triton et une règle d'interdiction de certains intervalles (*skip-stepwise rule*)
- (e) Musique chromatique contrôlée et composée avec des structures rythmiques modifiées, intensités et mode de jeu
- (f) Séries d'intervalles, séries de hauteurs et séries limitées (*restricted tone rows*)

Figure 1

Résultats de la troisième expérience de Lejaren Hiller et Leonard M. Isaacson

Extrait d'un tableau plus général détaillant les règles suivies dans chaque expérience

Extrait de Lejaren HILLER et Leonard M. ISAACSON, *Experimental Music. Composition with an Electronic Computer*, New York : McGraw-Hill, 1959

L'Exemple 2 présente un extrait de la musique obtenue lors de la troisième expérience. On remarquera une complexification progressive du matériau musical, à partir des structures rythmiques élémentaires (mesures 55-72) et à partir d'une distribution chromatique aléatoire (mesures 73-80). Ce procédé de complexification conduit à une musique chromatique aléatoire, combinée avec des structures rythmiques modifiées (mesures 81-100).

Exemple 2

Lejaren HILLER et Leonard M. ISAACSON, *Illiad Suite* (1957)

Extrait de la musique expérimentale obtenue dans la troisième expérience

Extrait de Charles AMES, « Automated Composition in Retrospect : 1956-1986 », *Leonardo Music Journal*, XX/2 (1987), p. 171

Voici comment les compositeurs décrivent la troisième expérience dans la note de programme qui a accompagné la création de cette *Illiic Suite*²² :

Dans le troisième mouvement, nous avons établi un compte rendu de la façon dont les problèmes du rythme, des dynamiques et du timbre (*color effects*) ont été traités. L'écriture chromatique, d'abord purement aléatoire, puis contrôlée par des règles simples de composition, est appliquée au rythme de base, aux dynamiques et aux timbres en sortie. Ce mouvement est un exemple élémentaire de la façon dont on peut se servir d'un ordinateur pour produire des effets tonaux nouveaux, par opposition à l'imitation des styles musicaux avérés. C'est dans ce domaine général que nous travaillons depuis l'achèvement de la *Illiic Suite*. En particulier, nous nous préoccupons de développer des principes opératoires généraux afin de remplacer les règles compositionnelles spécifiques utilisées jusqu'à présent.

En conclusion de la note de programme, Hiller et Isaacson offrent quelques éléments intéressants pour comprendre leur démarche algorithmique :

Dans leur principe, les ordinateurs numériques à grande vitesse opèrent un peu comme des calculettes portables ordinaires – mais avec quelques différences significatives. La plus importante est peut-être le fait que tout un programme de calcul, entièrement exprimé en termes d'opérations mathématiques, est placé dans l'ordinateur avant le processus de calcul en tant que tel. [...] Seconde différence importante : les ordinateurs numériques automatiques ont ce qu'on appelle un processus de « transfert conditionnel ». Dans *Illiic*, par exemple, c'est essentiellement un choix d'opérations binaires (oui / non) qui permet l'implémentation de décisions dépendant de l'affectation aux nombres d'un signe positif ou négatif. C'est l'utilisation répétée et séquentielle de cette opération, sans doute davantage que quoi que ce soit d'autre, qui nous a permis d'écrire des programmes d'ordinateur capables d'exprimer des processus logiques de composition musicale.

ILLIAC SUITE FOR STRING QUARTET
I. EXPERIMENT NO. I
L.A. HILLER, JR. AND L.M. ISAACSON

The image shows a musical score for a string quartet. It is titled 'ILLIAC SUITE FOR STRING QUARTET' and 'I. EXPERIMENT NO. I'. The composers are 'L.A. HILLER, JR. AND L.M. ISAACSON'. The tempo is marked 'PRESTO'. The score is for Violin I, Violin II, Viola, and Cello. The music is highly rhythmic and complex, with many rests and dynamic markings like 'p' and 'f'. There is a box with the number '10' in the top right of the score.

[Pour comparaison, voici un extrait de la première expérience]

En conclusion de cette brève histoire, et avant d'aborder les expériences théoriques et compositionnelles menées quelques années plus tard en Europe, il est important de souligner le contexte scientifique dans lequel s'inscrit l'expérience des théoriciens américains. Ce qui guide la programmation informatique sans laquelle une composition comme la *Illiic Suite* n'aurait évidemment pas été concevable, c'est la volonté, de la part des théoriciens américains, d'explorer le champ des possibles ouverts par une nouvelle discipline scientifique qui s'est désormais imposée comme le paradigme dominant en musique algorithmique. Comme l'indiquent ses auteurs, la *Illiic Suite* est une étude des aspects algorithmiques du

²² Voir Lejaren HILLER et Leonard M. ISAACSON, « Computer Music and the *Illiic Suite* », Note de programme pour la création mondiale de la pièce *Illiic Suite (String Quartet, n° 4)*, Université de l'Illinois, 9 août 1958 (citée dans un texte écrit à l'occasion d'une exposition à l'Université de New York / Buffalo et intitulé « Lejaren A. Hiller : Computer Music Pioneer » (Music Library Exhibition, 24 mai – 7 septembre 2004).

processus compositionnel pouvant être décrits au travers d'un modèle computationnel. Plus précisément, « de même que l'acte compositionnel peut être vu comme la recherche d'un ordre à partir d'une multitude chaotique de possibilités disponibles, de même on peut l'étudier, au moins partiellement, en appliquant certaines opérations mathématiques dérivant de la théorie des probabilités et certains principes généraux d'analyse, intégrés dans une nouvelle théorie de la communication appelée *théorie de l'information*²³ ».

Michel Philippot et les « machines à manipuler l'information »

Bien qu'aucune œuvre de Michel Philippot²⁴ n'appartienne *stricto sensu* à la catégorie de la « musique algorithmique », ses réflexions sur la théorie de l'information et ses applications en analyse musicale font de ce compositeur une figure incontournable dans une discussion sur les rapports entre approche informationnelle et utilisation de procédés algorithmiques en musique. En effet, à partir des années 1960, c'est-à-dire juste après la publication par Abraham Moles de l'ouvrage qui s'imposera comme une référence en ce domaine, *Théorie de l'information et perception esthétique*²⁵, Philippot consacre une série d'écrits aux rapports entre cybernétique, théorie de l'information et musique. Dans l'un d'eux, « La musique et les machines²⁶ », Philippot centre sa réflexion sur les rapports entre la notion de « machine » et celle d'« information ». Il s'agit, comme le compositeur le fait remarquer, de deux termes techniques dont l'articulation constitue un point de départ pour une discussion sur les fondements d'une démarche algorithmique en musique. Par « machine », nous précise Philippot, il faut entendre l'ensemble des « différents procédés [algorithmiques] employés soit pas des ingénieurs, soit pas des musiciens, soit pas les deux, simultanément ou non, pour étudier comment un processus de composition peut ou pourrait être confié à des machines²⁷ ». Quant au terme « information », Philippot, avant de renvoyer le lecteur à l'ouvrage de Moles, en définit le concept comme la « quantité d'inconnu, de surprise, donc d'originalité que contient une certaine musique²⁸ ». Il postule ensuite la nécessité d'articuler ces deux notions, affirmant, par exemple, que l'enjeu principal réside dans le fait de « savoir en quoi consistent ces variantes, légère dose d'imprévu ou encore d'« information » de façon à pouvoir essayer de rendre originale [...] la machine utilisée pour nos expériences. En fait, lorsqu'il s'agit de machines, seul le hasard, employé judicieusement [...] peut nous servir de produit de remplacement de l'imagination²⁹. » On voit ainsi apparaître les deux couples principaux dont la dialectique est constitutive du paradigme informationnel : ordre / désordre et banalité / originalité. En effet, « du point de vue de la théorie de l'information, l'excès d'originalité tendant vers la présentation des éléments dans un ordre purement aléatoire (chacun apportant de ce fait l'information maximum) est proche parent du désordre », tandis que « l'excès

²³ Lejaren HILLER et Leonard M. ISAACSON, *Experimental Music*, op. cit., p. 1. Pour une étude historique détaillée des rapports entre théorie de l'information et musique, voir Joel E. COHEN, « Information Theory and Music », *Behavioral Science*, 7 (1962), p. 137-163. Sur la portée et les limites de l'approche informationnelle en musique, voir Moreno ANDREATTA, *Formalizing Musical Structure : From Information to Group Theory*, Dissertation sous la direction de David Osmond-Smith, University of Sussex, 1997.

²⁴ Né à Verzy (Marne), Michel Philippot (1925-1996) suit un double cursus : après un baccalauréat de mathématiques, il entreprend des études scientifiques à la Faculté de Toulouse, mais aussi d'écriture musicale, d'harmonie et de contrepoint d'abord au Conservatoire de Reims et, après la guerre, au Conservatoire national supérieur de musique de Paris, où il enseignera ensuite en tant que professeur de composition de 1970 à 1990.

²⁵ Abraham MOLES, *Théorie de l'information et perception esthétique*, Paris : Flammarion, 1958.

²⁶ Michel PHILIPPOT, « La musique et les machines », *Cahiers d'études de radio-télévision*, 27-28 (1960), p. 274-292 ; repris dans Michel PHILIPPOT, *Écrits*, Vincennes : Association Michel Philippot, 1998.

²⁷ Michel PHILIPPOT, *Écrits*, op. cit., p. 319.

²⁸ *Ibid.*, p. 323.

²⁹ *Ibid.*, p. 324.

d'ordre, en supprimant tout caractère aléatoire au message par un respect trop exclusif des règles, [...] est équivalent à la banalité la plus plate ou à une information nulle³⁰ ».

À la différence des musiciens américains qui utilisent la théorie de l'information comme méthode de composition, Philippot fait du paradigme informationnel un outil pour aborder de façon nouvelle le problème de la création esthétique. Pendant les années 1960, son objectif, ambitieux, est d'établir un véritable diagramme fonctionnel qui serait sous-jacent à l'activité compositionnelle, une fois que cette dernière aurait fait place en son sein à la machine à manipuler l'information. Ce diagramme évolue et se complexifie progressivement, au fur et à mesure que Philippot y intègre le sujet (le compositeur) et l'environnement. La Figure 2 montre comment le diagramme fonctionnel du début des années 1960 (à gauche) évolue vers un diagramme dans lequel les interactions entre les différentes composantes sont beaucoup plus détaillées.

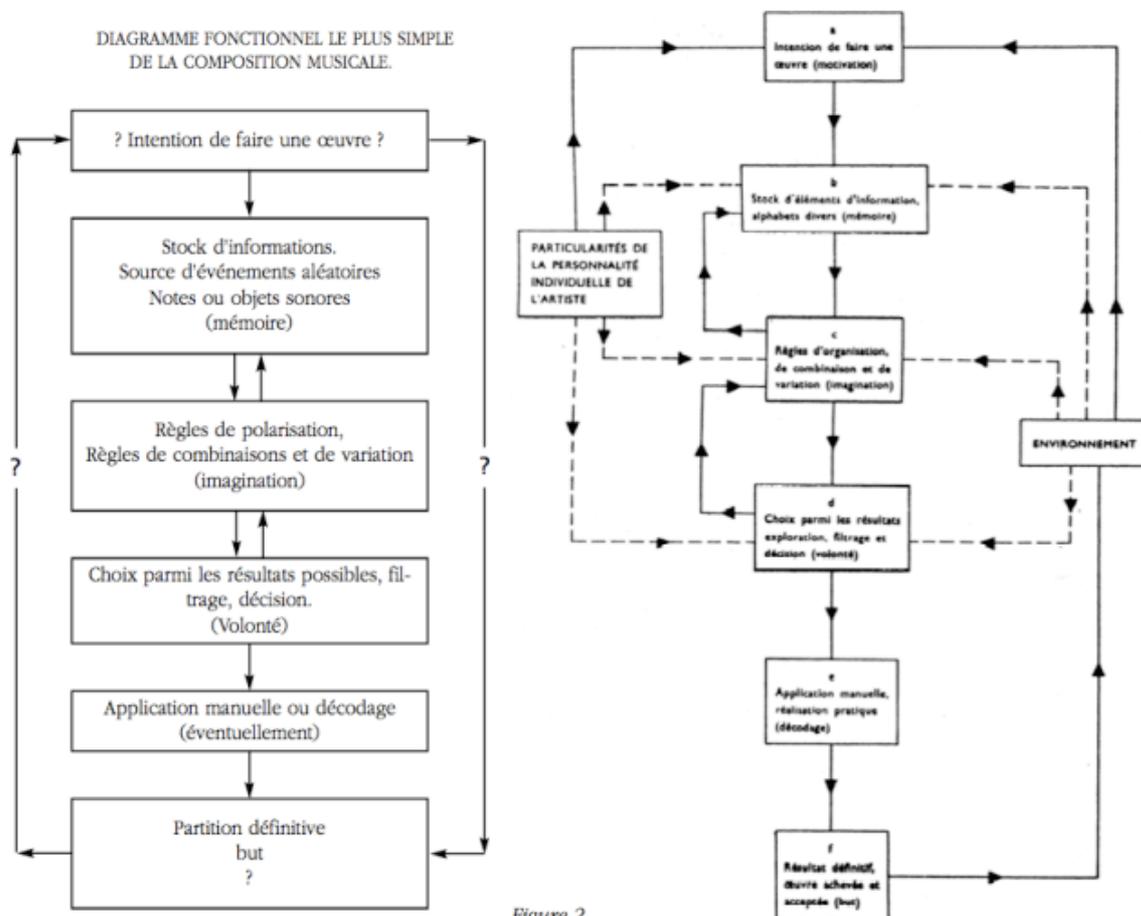


Figure 2

Figure 2
 Michel PHILIPPOT, « Le devoir d'inhumanité » (1960) et « À propos de mécanismes de création esthétique » (1966)
 Évolution du diagramme fonctionnel de la composition musicale

³⁰ *Ibid.*, p. 484 (« L'électronique et la musique », Conférence Musicale André Jolivet, Aix en Provence, 16 juillet 1959). Notons, au passage, qu'appliquée à la lettre, cette interprétation compositionnelle de la théorie de l'information permettrait de conclure qu'une œuvre sérielle intégrale aurait une information nulle, à la différence des pièces stochastiques dans lesquelles l'originalité serait maximale. Or, comme Xenakis l'a bien souligné dans sa critique de la musique sérielle (« La crise de la musique sérielle », 1955), du point de vue esthétique, l'organisation totale des paramètres musicaux engendre le même effet perceptif que l'aléatoire. Cet exemple suffirait à soulever des doutes sur une application trop directe du paradigme informationnel en composition.

Malgré cette tentative de cerner la composition musicale à l'aide d'un diagramme fonctionnel, un simple survol des écrits des années 1980 montrerait au contraire que c'est précisément l'étude des procédés algorithmiques en composition qui permet à Philippot de conclure que le problème de la composition musicale reste ouvert. Dans son compte rendu d'une expérience algorithmique, visant à l'élaboration automatique de lignes mélodiques, à la recherche d'une signification mélodique et *in fine* du « principe d'unité » régissant l'organisation horizontale (la mélodie) et l'organisation verticale (l'harmonie), Philippot doit admettre que l'acte compositionnel reste une opération qui échappe à toute simulation³¹. On comprend ainsi la singularité de la démarche de Philippot, plus intéressé par la faculté de simulation de la machine, stimulant l'imagination du compositeur, qu'à la production de compositions algorithmiques. Dans un compte rendu de la création musicale au début des années 1970, Philippot souligne l'intérêt d'une « discipline de la rigueur » dans le travail compositionnel à l'aide de l'informatique. Parmi les formes les plus intéressantes de cette rigueur, il y a celle qui vise à une synthèse globale du phénomène musical, celle qui vise à la constitution d'algorithmes pour élaborer les messages musicaux, et enfin celle qui vise à la formalisation mathématique des diverses techniques compositionnelles. Philippot y voit une tendance représentant, à l'époque, « l'effort théorique le plus considérable qui soit fait pour comprendre la musique à travers tout ce qui la constitue, des éléments les plus simples (le son) jusqu'aux assemblages les plus complexes (la composition ayant une durée très longue)³² ». À cette tendance appartient précisément la démarche radicale de Pierre Barbaud.

Formalisation mathématique et musique algorithmique chez Pierre Barbaud

Si l'on essaie d'analyser la contribution de Pierre Barbaud³³ dans le domaine de la musique algorithmique en privilégiant la double composante de sa démarche, à la fois théorique et compositionnelle, on se heurte vite au constat que ses propositions théoriques occupent une place presque exclusive dans les études qui lui sont consacrées. Nous nous appuyons sur une étude récente qui essaie de renverser la perspective en montrant la place tout à fait centrale occupée par l'expérience compositionnelle, dont on peut désormais analyser l'évolution et les implications dans le domaine de la formalisation théorique. Dans sa thèse de doctorat consacrée à quelques trajectoires marquantes de la création musicale du XX^e siècle en rapport avec une démarche philosophique néo-positiviste³⁴, Nicolas Viel distingue trois périodes chez Pierre Barbaud. La première ne sera pas analysée ici car elle précède l'intérêt du musicien pour les outils algorithmiques et informatiques en composition. Ce n'est qu'à partir de la fin des années 1950, avec l'utilisation des ordinateurs de la Compagnie des Machines Bull, que l'on peut parler, avec Viel, d'une période

³¹ « On a pu observer que le système employé peut engendrer des séquences mélodico-harmoniques, il ne prévoit rien en ce qui concerne l'agencement de ces séquences entre elles ; ou du moins, rien qui n'ait été d'abord prévu par l'utilisateur. En fait, l'essentiel du résultat réside surtout en une aide puissante, une stimulation de l'imagination du compositeur » (Michel PHILIPPOT, « A propos d'algorithmes en composition musicale. Compte-rendu d'une expérience. Colloque International "Structures musicales et assistance informatique », 1983 *Écrits*, *op. cit.*, p. 153).

³² Michel PHILIPPOT, « La création musicale en 1974 », *Écrits*, *op. cit.*, p. 263.

³³ Né à Alger, Pierre Barbaud (1911-1990) suit des études littéraires classiques en Sorbonne, ainsi que des cours au Conservatoire russe de Paris. Mais sa formation musicale reste principalement celle d'un autodidacte. Il acquiert ses connaissances théoriques et musicologiques grâce à son emploi de bibliothécaire au Département de musique de la Bibliothèque nationale (de 1943 à 1947), avant de devenir professeur de musique à l'École nationale des sports (de 1947 à 1960).

³⁴ Nicolas VIEL, *Musique et néo-positivisme : trajectoires de la création musicale d'Arnold Schoenberg à Pierre Barbaud*, Thèse de doctorat, Université de Paris-IV, 2007.

« algorithmique », ou plus précisément « cybernético / algorithmique³⁵ », pendant laquelle Barbaud compose de la musique de film – comme la pièce inachevée *Conte sur le sable* (1959), pour un film de Claude Antoine, ou *Imprévisibles nouveautés* (1959), co-écrite avec Roger Blanchard sur une commande de Frédéric Rossif –, ainsi qu'une pièce collective pour le premier concert de musique cybernétique en France : *Souvenirs entomologiques* (1959), signé par Barbaud dans le programme du concert (Figure 3), fut co-écrit avec ses collègues du GMAP (Groupe de musique algorithmique de Paris) : Janine Charbonnier et Roger Blanchard.

<p>MUSÉE RODIN 77, rue de Varègne ---oOo---</p>	<p>EXPOSITION HISTOIRES NATURELLES ----- - CONCERT du MARDI 23 JUIN 1959 -</p>
<p>1) Quatre pièces de "l'Ars Nova" (XIV^e siècle)</p> <p>a) <u>Ma trédol rossignol</u> Borlet 3 voix</p> <p>b) <u>Orsus vous dormez trop</u> Anonyme (virelai de l'alouette) Soliste: Jean Archimbaud</p> <p>c) <u>Par Maintes fois</u> Jean Vaillant (virelai des oiseaux) Soliste: Yves Tessier</p> <p>d) <u>Tosto che l'alba</u> Gherardello da Firenze (caccia) 3 voix</p> <p>Ensemble vocal Roger Blanchard.</p> <p>2) a) <u>Chant de l'alouette</u> à 3 voix Clément Jannequin b) <u>Gentils veneurs</u> à 4 voix Clément Jannequin (La chasse du cerf) Solistes: Marcelle Croisier, Bernard Gallet, Yves Tessier, Michel Richez, Alexandre Jottras.</p> <p>3) <u>Trois mélodies</u></p> <p>a) <u>Die Vogel</u> F. Schubert b) <u>Die Nachtigall</u> J. Brahms c) <u>Le Rossignol et la rose</u> Marcel Delannoy Soliste : <u>Sylvaine Gilma</u></p> <p>4) <u>Le Bestiaire</u> Francis Poulenc (poèmes de Guillaume Apollinaire) Soliste : <u>Geneviève Macaux</u></p>	<p style="text-align: center;"><u>Le Bestiaire fantastique</u></p> <p style="text-align: center;">Premières auditions de musique cybernétique</p> <p>1) <u>Les fossiles</u> Jean Germain</p> <p>a) le mamouth b) l'archaéoptéryx</p> <p>2) <u>La cantate de la baleine</u> Lalan</p> <p>3) <u>Le bestiaire aztèque</u> Brian de Martinoir</p> <p>a) Xiuhtototl (l'oiseau de turquoise) b) Ahuitzotl (Lutra felina) c) Tlahquecholli (Aka guacamayo)</p> <p>4) <u>Le Dragon</u> Roger Blanchard</p> <p>5) <u>Souvenirs entomologiques</u> Pierre Barbaud</p> <p>a) Le grand nègre hongrois b) Les processionnaires du pin c) Achérontia Atropos</p> <p style="text-align: center;">Ensemble instrumental sous la direction de Roger Blanchard</p> <p style="text-align: center;">- Invitation valable pour deux personnes -</p>

Figure 3
Programme du premier concert de musique cybernétique en France (Musée Rodin)
Extrait de Nicolas VIEL, « Pierre Barbaud et la naissance de la musique par ordinateur en France »
(Avec l'aimable autorisation de l'auteur)

À la même période appartient une seconde œuvre collective, *Factorielle 7* (1960), comprenant trois parties (ou « Variations »), composées chacune par un membre différent du GMAP – l'Exemple 3 en reproduit le début de la troisième partie. Contrairement à ce que l'on pourrait supposer, il est difficile de retrouver, à partir de la partition, les différentes formes de la série initiale : nonobstant le caractère algorithmique de la pièce, l'utilisation de la série reste assez libre chez Barbaud, celui-ci refusant le dogme schoenbergien et n'hésitant pas à

³⁵ Nous préférons ne pas séparer les démarches cybernétique et algorithmique, ces deux catégories n'étant pas, selon nous, antagonistes. Notre interprétation diffère ainsi de celle proposée par Nicolas Viel, qui considère le changement de vocabulaire dans la numérotation des œuvres de Barbaud comme « révélateur d'une orientation, d'un choix, d'un changement esthétique » (Nicolas VIEL, « Pierre Barbaud et la naissance de la musique par ordinateur en France : de la cybernétique à l'algorithmique », Communication à l'Electroacoustic Music Studies Network, Université de Montfort / Leicester, 2007). Comme Barbaud l'explique dans un article intitulé « La musique algorithmique », le terme cybernétique « dit plus de choses au grand public que l'expression *musique algorithmique*, qui risque de plus, bien ou mal orthographiée, d'augmenter une confusion dans l'esprit de lecteurs non avertis » (Pierre BARBAUD, « La musique algorithmique », *Esprit*, 280 (1960), p. 92).

utiliser des fragments de série, quitte à contrevenir à la règle de neutralité qui impose de ne se servir d'un son qu'une fois les onze autres utilisés. C'est ainsi que l'on peut parler d'un caractère hauerien de sa démarche dodécaphonique, plutôt que d'une véritable influence des trois Viennois, comme l'entérine d'ailleurs Barbaud dans sa monographie sur Schoenberg³⁶. Paradoxalement, *Factorielle 7* devient, y compris pour Barbaud lui-même, l'emblème d'un « retour à une interprétation vivante », comme l'indique ce passage d'un texte resté inédit :

Le Festival de la Recherche se clôtura le 30 juin par un concert, placé sous le signe d'un « retour à une interprétation vivante ». On y donnait en première partie, sous la direction d'André Girard, des œuvres de Romuald Vandelle, de Claude Ballif, de Luc Ferrari, de François-Bernard Mâche et Iannis Xenakis, et du « Groupe de musique algorithmique de Paris », car nous avons tenu, Blanchard, Janine et moi, à faire une œuvre collective pour bien marquer la distance que nous comptons prendre désormais avec les mœurs musicales traditionnelles dont le vedettariat est le caractère le plus marquant. Nous avons choisi pour notre œuvre le titre un peu littéraire de *Factorielle 7*, bien dans le goût cependant des titres prétentieux en usage dans les milieux de la musique expérimentale. Nous y traitons $7! = 5040$ formes de la série 6, 5, 11, 7, 19, 9, 1, 3, 2, 0, 8, 4, exposées à quatre voix réelles dans une technique sérielle peu conforme aux dogmes en usage au Domaine musical : qu'on imagine l'efficacité rythmique d'un Bartók mise au service d'un discours polyphonique en imitations où deux pianos traités de façon très percutante soulignaient le caractère « mécanique » d'une œuvre implacable dans ses développements³⁷.

³⁶ Pierre BARBAUD, *Schoenberg*, Nice : Main d'Œuvre, 1997.

³⁷ Pierre BARBAUD, « Musique et mémoire » (inédit), cité dans Nicolas VIEL, *Musique et néo-positivisme*, op. cit., p. 433-434.

factorielle 7

barbaud

The image displays a musical score for the piece 'factorielle 7' by Pierre Barbaud, covering measures 1 to 5. The score is arranged in a standard orchestral format with multiple staves. The instruments and their parts are as follows:

- Flute 1 and 2:** Both flutes play a melodic line starting with a *pp* dynamic. The Flute 1 part includes a *pp* dynamic marking in the second measure.
- Woodwinds:** Includes parts for Flute 1, Flute 2, Clarinet, Clarinet bass, and Trumpet. The Clarinet part has a *pp* dynamic in the first measure and a *p* dynamic in the fourth measure. The Clarinet bass part has a *pp* dynamic in the first measure. The Trumpet part is marked *sourdine* and *pp* in the first measure.
- Brass:** Includes parts for Cor anglais, Trombone, and Tuba. The Cor anglais part has a *ppp* dynamic in the fourth measure. The Trombone and Tuba parts are marked with a *pp* dynamic in the fifth measure.
- Strings:** Includes parts for Violins (1), Violins (2), Violas (1), Violas (2), Violoncelles (1), and Contrebasses (2). The Violins and Violas parts are marked *pp pizz.* in the first measure. The Violoncelles and Contrebasses parts are marked *pp* in the first measure.

The score is written in a key signature of one flat (B-flat) and a 3/4 time signature. The dynamics range from *pp* (pianissimo) to *ppp* (pianississimo). The score is marked with various articulations and phrasing slurs.

1960

Exemple 3

Pierre BARBAUD, *Factorielle 7* (1960), Troisième partie, mesures 1 à 5
Nicolas VIEL, *Musique et néo-positivisme*, Thèse de doctorat, Université de Paris-IV, 2007, p. 436
(Avec l'aimable autorisation de l'auteur)

Dans les pièces algorithmique de cette période, Barbaud utilise une formalisation des hauteurs à l'aide des classes de résidus modulo 12. Notons que l'introduction de



Exemple 5

Pierre BARBAUD et Janine CHARBONNIER, *Réseau aérien* (1962), Mesures 1-3 en notation traditionnelle

Nicolas VIEL, *Musique et néo-positivisme*, Thèse de doctorat, Université de Paris-IV, 2007, p. 436
(Avec l'aimable autorisation de l'auteur)

D'autres pièces sérielles, obtenues à l'aide de procédés algorithmiques, marquent cette deuxième période compositionnelle au sein de laquelle on peut encore souligner l'influence de la pensée de Hauer⁴¹. En effet, ce qui caractérise, selon Barbaud, la musique algorithmique et ce qui la différencie d'autres démarches (musique concrète ou musique électronique), c'est avant tout son attention à « l'étude des possibilités combinatoires du discontinu sonore avant celles du continu⁴² », ce qui permet de concevoir la composition musicale comme « l'exploration, avec tout ce que ce mot comporte de possibilités de surprises agréables ou désagréables, d'un arbre exponentiel, ou du moins de quelques-uns de ses rameaux⁴³ ». Plus précisément, toujours selon le même article de Barbaud, il s'agit d'utiliser l'ordinateur afin d'arriver à une analyse rigoureuse des structures musicales, en isolant de façon expérimentale l'aspect formalisable de la création musicale des aspects liés à la subjectivité de l'artiste⁴⁴. Sa réflexion sur la musique algorithmique s'accompagne alors d'un intérêt pour les mathématiques et, en particulier, pour l'algèbre moderne qui permet « une mécanisation des procédés de composition dont les résultats à l'intérieur d'un système donné pourraient passer pour l'inspiration la plus instinctive aux oreilles de l'auditeur le plus averti⁴⁵ ». La deuxième période, sur laquelle nous avons concentré notre analyse, est sans doute la plus féconde du point de vue théorique, ce dont témoigne la publication de deux ouvrages fondamentaux : *l'Initiation à la composition automatique*⁴⁶ et *La Musique, discipline scientifique*⁴⁷.

Avec Nicolas Viel, on datera de 1975 le début d'une troisième période, au moment où Barbaud entre à l'Institut de recherche en informatique et automatique (IRIA). Cette période

⁴¹ Citons, toujours d'après l'étude de Nicolas Viel, une pièce de 1960 conçue après un échange épistolaire avec Hauer, intitulée *Aenigma musicale, sonis duodecim aedificatum*, op. 46, n° 5, (1958), et basée sur une technique permutationnelle inspirée de l'un des nombreux *Zwölftonspiele* haueriens. Dans un entretien, Barbaud n'hésite pas à se déclarer « le seul en France à suivre la combinatoire de Hauer » (Alain PIERRE, « Postérité hauerienne en France », *Austriaca, Cahiers universitaires d'informations sur l'Autriche*, 5 (1977), p. 81).

⁴² Pierre BARBAUD, « La musique algorithmique », *op. cit.*, p. 92.

⁴³ *Ibid.*, p. 95.

⁴⁴ Remarquons ici la résonance très forte entre la vision de la musique algorithmique chez Barbaud et les thèses défendues par Michel Philippot dans des écrits contemporains tels que « Le devoir d'inhumanité » (1960).

⁴⁵ Pierre BARBAUD, « La musique algorithmique », *op. cit.*, p. 97.

⁴⁶ Pierre BARBAUD, *Initiation à la composition automatique*, Paris : Dunod, 1965.

⁴⁷ Pierre BARBAUD, *La Musique, discipline scientifique*, Paris : Dunod, 1971.

s'ouvre avec la création du groupe BBK, du nom des trois compositeurs qui le constituent (Pierre Barbaud, Frank Brown et Geneviève Klein), et se caractérise par une radicalisation supplémentaire de la démarche algorithmique. Désormais, à l'exception de *Saturnia Tellus* (1980), pour bande, commande de l'État sollicitée par le GERM et réalisée à l'Institut national de recherche en informatique et automatique (INRIA), toutes les compositions non instrumentales seront des œuvres collectives, engendrées, pour la plus grande partie, à partir de programmes informatiques écrits en Fortran. L'Exemple 6 montre un extrait d'un des programmes utilisés pour la réalisation de *Terra ignota ubi sunt leones* (1975), pour bande.

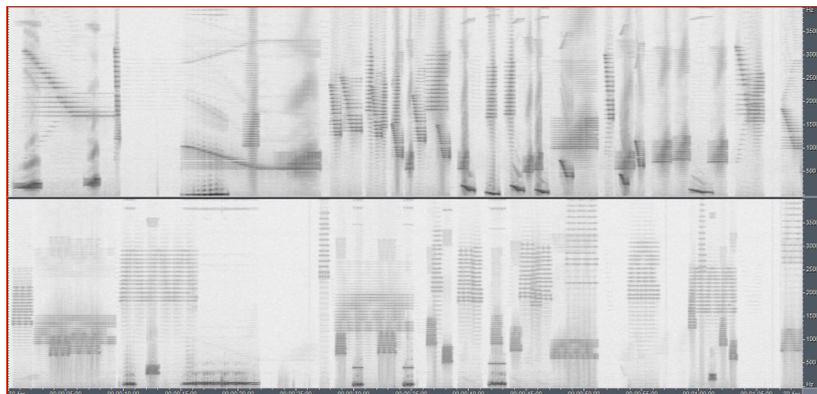
```

1 C          TERRA INCOGNITA VBI SVNT LEONES (3)    28.12.73          PAGE 1
1 C          TERRA INCOGNITA VBI SVNT LEONES
2 C          *
3 C          *
4          COMMON K1,K2,IREST
5          DIMENSION JAP(20,10)  -----> # OMIT 5
6          DIMENSION ITIM(3)    DIMENSION JAP(24,10)
7          DO 22 K=1,3
8 22       ITIM(K)=K
9          READ(1,2)K1,K2
10 2       FORMAT(2I5)
11        JCOMP=1
12 3       IDIV=20 -----> # OMIT 12
13        K=1
14        DO 20 L=1,10
15 5       CALL GIRL(IDIV)
53        CALL GIRL(IDIV)
54        J1=IREST*10
55 110     CALL GIRL(IDIV)
56        J2=IREST*10
57        IF(J1.EQ.J2)GO TO 110
58 112     JAP(K,L)=JAP(K,L)+J1
59        JAP(K+1,L)=JAP(K+1,L)+J2
60        GO TO 198
61 115     IDIV=5
62        CALL GIRL(IDIV)
63        IREST=IREST+1
64        GO TO(120,120,120,150,150),IREST
65 120     IJ=J1
66        J1=J2
67        J2=IJ
68        GO TO 112
69 150     IDIV=2
70        CALL GIRL(IDIV)
71        IREST=IREST+1
72        IF(J1.EQ.10)GO TO 1600
73        IF(J1.EQ.20)GO TO 1700
74 1500    IF(J2.EQ.20)GO TO 1520

```

Exemple 6

Pierre BARBAUD, *Terra ignota ubi sunt leones* (1975), Extrait du *listing* ayant servi comme support pour la réalisation d'une des versions de cette pièce pour bande
Archives Pierre Barbaud (avec l'aimable autorisation de Laura Claass)



Exemple 7

Pierre BARBAUD, *Saturnia Tellus* (1980), Spectrogramme réalisé par Nicolas Viel à partir de l'enregistrement sonore

Comme l'écrit Barbaud dans une note de programme⁴⁸, cette œuvre « provient de l'exploitation d'un programme de calcul électronique destiné à élaborer des partitions comportant au plus neuf instruments explorant le *continuum* sonore. [...] Au programme de composition succède un programme d'échantillonnage au 1/20 000^e de seconde permettant la conversion numérique-analogique et l'enregistrement du résultat. »

À travers l'effacement des tableaux et des brouillons, comme le note encore Viel, il n'y a plus aucun intermédiaire « humain » entre le programme informatique et la partition engendrée par les algorithmes. L'« industrialisation de la composition musicale⁴⁹ », préconisée par le compositeur au début des années 1960, est désormais achevée⁵⁰.

Formalismes et modèles pour la composition algorithmique chez André Riotte

Dans sa préface à l'ouvrage de Barbaud consacré à Schoenberg, André Riotte⁵¹ revient sur la « période explosive des années 1960 où l'usage de l'ordinateur et des technologies de l'information a commencé à bouleverser les modes de pensée et de travail⁵² ». Selon Riotte, on assistait alors à « l'émergence d'une catégorie hybride de chercheurs, mi-musiciens, mi-scientifiques, qui a réactivé les rapports entre musique et science sur des bases plus solides⁵³ ». Riotte compte précisément au nombre de ces théoriciens / compositeurs. Il a apporté une contribution majeure à la formalisation mathématiques des structures musicales et à leur implémentation dans des langages de programmation pour la composition⁵⁴. Comme nous l'avons fait pour Barbaud, nous distinguerons trois périodes dans l'œuvre d'André Riotte. À une première période, de 1945 au début des années 1960, caractérisée par une écriture traditionnelle et marquée par l'influence de Claude Debussy, Gabriel Fauré, Arthur Honegger, Igor Stravinsky, Florent Schmitt ou Francis Poulenc⁵⁵, succède la phase proprement algorithmique, qui dure jusqu'à la fin des années 1990. La troisième période est marquée, contrairement à celle de Barbaud, par un abandon des approches algorithmiques et par la « liberté de l'imaginaire », pour reprendre le titre d'un article récent du compositeur⁵⁶.

Nous nous concentrons ici sur les recherches menées par Riotte en collaboration avec des chercheurs de l'Ircam au début des années 1980, dans le cadre du « Projet n° 5 » du département « Recherche musicale » de l'Ircam, plus connu sous le sigle de Crime (Cellule de recherche instruments modèles écriture) et constitué de Claudy Malherbe, Gérard Assayag,

⁴⁸ Cette notice est reprise dans la pochette du CD *Musique algorithmique*, Ina : Terra Ignota, 1998.

⁴⁹ Pierre BARBAUD, « L'avenir du théâtre lyrique », *L'Âge nouveau*, 94 (1955), p. 74-75 ; texte repris dans Nicolas VIEL, *Musique et néo-positivisme*, op. cit., p. 523-524.

⁵⁰ Parmi les pièces collectives pour bande, représentatives de cette dernière période de l'activité compositionnelle de Barbaud, citons *Le Grand Prisme* (1975), *Terra ignota ubi sunt leones* (1975), *Ars recte computandi I* (1977) et *AD MCMLXXXII* (1984). Le catalogue complet des œuvres de Pierre Barbaud figure en Annexe 6 de Nicolas VIEL, *Musique et néo-positivisme*, op. cit., p. 507-521.

⁵¹ Né en 1928, André Riotte a une formation de compositeur (élève d'André Jolivet), d'analyste (avec Olivier Messiaen et Jean Barraqué) et d'ingénieur en électronique (ESME, École spéciale de mécanique et d'électricité). A partir de 1970, il a développé en parallèle des activités de spécialiste des technologies de l'information au sein de la Communauté européenne (Bruxelles), de compositeur et de chercheur dans le domaine de la formalisation.

⁵² Pierre BARBAUD, *Schoenberg*, op. cit., p. 9.

⁵³ *Ibid.*, p. 9.

⁵⁴ Ses contributions théoriques, ainsi que celles de son collègue et ami Marcel Mesnage, sont rassemblées dans les deux volumes de *Formalismes et modèles musicaux* (Sampzon : Delatour / Ircam, 2006). Une partie inédite du travail théorique et analytique de Riotte, correspondant au contenu des cours qu'il donna à l'Université de Paris-VIII de 1978 à 1990, peut être consultée à l'adresse <http://www.andreriotte.org/formalisation/index.htm>.

⁵⁵ Ces œuvres de jeunesse sont rassemblées dans le CD *Le Passé simple*, Vals les Bains : De Plein Vent (2006).

⁵⁶ André RIOTTE, « Formalismes et liberté de l'imaginaire », *Autour de la Set Theory. Rencontre musicologique franco-américaine*, op. cit., p. 169-184.

Emmanuel Amiot et André Riotte. L'ordinateur y a été utilisé pour développer des outils formels pouvant être appliqués à différents paramètres musicaux (en particulier les hauteurs, les durées et la dynamique). Parmi ces outils « génériques », la théorie des cribles de Xenakis constituait l'une des démarches les plus intéressantes, à la fois pour le caractère formalisable (et formalisé) de ses principes de bases, mais aussi pour la possibilité de l'implémenter dans un environnement informatique. En suivant la démarche de Iannis Xenakis et celle de Pierre Barbaud, dont l'un des mérites a été, selon Riotte, de « concevoir une réalisation "informatique" d'une composition musicale comme le résultat du fonctionnement d'un automate (parcours orienté dans un graphe)⁵⁷ », les chercheurs du Crime émettent l'idée que « l'information musicale (variété et redondance) doit être définie lorsque les sorties d'un automate purement mécanique interagissent avec un substrat non neutre⁵⁸ », automate qui peut être formalisé, en particulier, à l'aide d'un crible ou d'un ensemble de cribles. Basés sur les classes de congruence (ou classes de résidus) modulo n , dont nous avons déjà souligné le caractère algébrique dans la formalisation du sérialisme par Barbaud, les cribles se prêtent bien à être intégrés dans un langage de programmation pour la musique. « La théorie des cribles est très générale et par voie de conséquence on peut l'appliquer à toute caractéristique qui est pourvue d'une structure d'ordre total, comme les intensités, les attaques, les densités, les degrés d'ordre, la vitesse, etc. [...]. De plus, dans le futur immédiat nous assisterons à l'exploration de cette théorie et ses multiples utilisations à l'aide d'ordinateurs, car elle est complètement implémentable⁵⁹. » En effet, à peu près à la même période, Gérard Assayag implémente le langage LC, « un outil interactif pour la manipulation de structures formelles discrètes⁶⁰ ». Outre les deux opérations de base de la théorie des cribles, telle que Xenakis l'avait formalisée (union et intersection), la démarche informatique poursuivie par le Crime introduit de nouvelles opérations ensemblistes (soustraction, différence symétrique, composition, exponentiation et partitionnement), ainsi que de nouvelles transformations algorithmiques sur le matériau musical, et en particulier la dérivation⁶¹. De plus, à la différence de Xenakis qui envisage l'application de la théorie des cribles aux durées, à la condition que l'espace rythmique à partir duquel les attaques sont criblés soit donné par un train de pulsation régulières, l'approche computationnelle proposée par le Crime propose des « criblages » à partir d'une structure métrique quelconque. Cela permet, par exemple, d'obtenir des structures métriques complexes par simple union de cribles élémentaires :

⁵⁷ Pierre BARBAUD, *Schoenberg*, *op. cit.*, p. 11.

⁵⁸ Emmanuel AMIOT, Gérard ASSAYAG, Claudy MALHERBE et André RIOTTE, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale » (1986), Marcel MESNAGE et André RIOTTE, *Formalismes et modèles musicaux*, vol. 1, *op. cit.*, p. 80.

⁵⁹ Iannis XENAKIS, *Arts / Sciences - Alloys*, Stuyvesant : Pendragon Press, 1985, p. 108.

⁶⁰ Emmanuel AMIOT *et al.*, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale », *op. cit.*, p. 81.

⁶¹ Pour une définition de ces opérations et transformations sur les cribles, voir Emmanuel AMIOT *et al.*, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale », *op. cit.*

The image shows a musical score for two staves in 2/4 time. The notation includes rhythmic patterns with groupings of 3 and 5 notes. Below the notes are numerical sequences: 0 1, 2 3 4 5 6 7, 8 9 10 1 2 3 4 5 6 7, 8 9 20 1 2 3 4 5, 6 7 8 9, 2 3 4 5 6, 8 9 10 2 4 5 6, 8 20 1 2 4 5, 6 7 8, and 2_0 U 3_0 U 5_0. A 'Structure métrique' section on the right lists 1_0, 2_0, 3_0, 5_0.

Exemple 8

Pattern rythmique obtenu à travers des opérations ensemblistes (union) sur des cribles élémentaires, mais appliquées à une structure métrique de base qui n'est pas un train de pulsations régulières

Extrait d'Emmanuel AMIOT, Gérard ASSAYAG, Claudy MALHERBE et André RIOTTE, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale » (1986), Marcel MESNAGE et André RIOTTE, *Formalismes et modèles musicaux*, vol. 1, Sampzon : Delatour / Ircam, 2006, p. 83

L'implémentation informatique de la théorie des cribles et l'extension de celle-ci aux durées ouvrent la voie à la constitution d'une panoplie de nouveaux outils formels pour la composition. Une série d'œuvres voit bientôt le jour : *La Bibliothèque de Babel* (1985) d'André Riotte, pour récitant, deux voix solistes, deux chœurs, quintette de cuivres, percussions et orchestre de vents ; *Color* (1986), de Claudy Malherbe, pour dix-huit instruments ; *Partitions-gouffres* (1986), autre pièce d'André Riotte, algorithmique, pour quatre percussionnistes... Cette dernière, en particulier, exploite la notion mathématique de « partition », au sens de partitionnement d'un crible source par des sous-ensembles obtenus par opérations ensemblistes (union, intersection et différence symétrique) de cribles élémentaires. Pour préparer les trames rythmiques de *Partitions-gouffres*, et d'autres œuvres formalisées⁶², le compositeur utilise l'instrument « Partition de classes résiduelles » (PCR). Cet outil, tiré de la combinaison de formalismes existants, a aussi été utile à l'auteur pour construire des formes multiples à partir d'une décomposition de base d'un même matériau. C'est une sorte de jeu de construction qui permet de fabriquer par exemple un ensemble de voix formant une partition au sens mathématique (c'est-à-dire n'ayant aucune durée coïncidente, bien qu'issue d'un ensemble de bases résiduelles communes)⁶³.

Au tout début, chaque percussionniste joue de quatre instruments : un gong et trois toms. L'Exemple 9 montre un court extrait de la partition dans lequel le premier

⁶² D'autres compositions basées sur des formalismes mathématiques mériteraient d'être citées dans cette section consacrée à la démarche algorithmique d'André Riotte. C'est le cas des *Dix-sept Inventions pour piano* (1987-1989), une collection de pièces regroupant la plupart des variantes formelles expérimentées par Riotte notamment autour de l'exploitation de la théorie des cribles. Si les inventions ont des bases communes (notamment la partition d'un ensemble de classes de résidus, ainsi que les séries tous-intervalles ou « cycles équilibrés », dont le compositeur avait achevé le calcul exhaustif à la fin des années 1960), elles dépassent la catégorie de musique algorithmique, Riotte s'autorisant à changer les résultats du calcul dans l'écriture finale. Le principe commun à toutes les pièces est celui d'un « tissage » à partir de formes en petits nombres issues d'un fonds commun. Le compositeur a détaillé les formalismes utilisés dans ces pièces pour piano dans un rapport interne destiné aux membres du Crime et resté inédit. Onze des inventions ont été créées par Anne Piret lors du colloque « Musique et assistance informatique » (Marseille, 1990). Les autres ont été créées par Dimitri Vassilakis lors du concert de clôture du colloque « Autour de la *Set Theory* » (Ircam, 15-16 octobre 2003).

⁶³ Pour une analyse détaillée de la technique de partition d'un ensemble de classes de résidus et son application pour l'analyse formalisée du douzième des *Vingt Regards sur l'Enfant-Jésus* d'Olivier Messiaen, ainsi que des *Variations pour piano* op. 27 d'Anton Webern, nous renvoyons à l'article d'André Riotte intitulé « Formalisation des échelles de hauteurs en analyse et en composition » (1992), Marcel MESNAGE et André RIOTTE, *Formalismes et modèles musicaux*, vol. 1, *op. cit.*, p. 103-111.

percussionniste (*Player 1*) joue quatre « voix rythmiques » dont la première est un gong (indiqué par f_{11}) et les trois autres (indiquées par f_{12} , f_{13} et f_{14}) sont des toms. On remarquera que ces quatre « voix rythmiques », obtenues au travers de la technique du partitionnement, ont la propriété d’être « complémentaires », au sens où elles n’ont pas d’élément commun, condition nécessaire pour qu’elle puissent être jouées par un seul instrumentiste.

Exemple 9

André RIOTTE, *Partitions-gouffres* (1986), Fragment

Extrait d’Emmanuel AMIOT, Gérard ASSAYAG, Claudy MALHERBE et André RIOTTE, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale » (1986), Marcel MESNAGE et André RIOTTE, *Formalismes et modèles musicaux*, vol. 1, Sampzon : Delatour / Ircam, 2006, p. 92

L’ensemble des calculs nécessaires pour manipuler les cribles ont été ensuite réunis dans un logiciel conçu et réalisé par Marcel Mesnage : *Partitions-6*⁶⁴. Comme dans le cas du « langage des cribles » (LC) de Gérard Assayag, l’implémentation permet d’appliquer la théorie des cribles au calcul de polyrythmies comme à celui des hauteurs. L’Exemple 10 montre le résultat du calcul des partitionnements utilisés au début de *Partitions-gouffres* dans le logiciel *Partitions-6*. L’Exemple 11 montre le début de la pièce en notation traditionnelle.

⁶⁴ André RIOTTE est revenu sur l’analyse de cette composition algorithmique et des formalismes mathématiques utilisés dans « Formalismes et liberté de l’imaginaire », *op. cit.*, p. 169-184.

Introduction de PERCUSSIONS-GOUFFRES pour 4 Percussions, André RIOTTE

```

;Groupes : (G1 5 0) (G2 7 0) (G3 11 0 3) (G4 13 0 1)
;PPCH : 5005 Univers : (0 441) Etendue : (0 441)

;Ensemble image *P* cardinal 232 ;0 Complément *CP* cardinal 210

;Partition de *P* :
;1: génératrice (G1) cardinal : 51 ;union 11 15 , cardinal : 3
;2: génératrice (G2) cardinal : 36 ;union 1 7 , cardinal : 62
;3: génératrice (G3) cardinal : 46 ;union 2 9 , cardinal : 42
;4: génératrice (G4) cardinal : 37 ;union 3 10 , cardinal : 55
;5: génératrice (G1 G2) cardinal : 9 ;union 12 15 , cardinal : 2
;6: génératrice (G1 G3) cardinal : 13 ;union 1 6 , cardinal : 64
;7: génératrice (G1 G4) cardinal : 11 ;union 2 8 , cardinal : 43
;8: génératrice (G2 G3) cardinal : 7 ;union 4 10 , cardinal : 46
;9: génératrice (G2 G4) cardinal : 6 ;union 13 15 , cardinal : 2
;10: génératrice (G3 G4) cardinal : 9 ;union 1 5 , cardinal : 60
;11: génératrice (G1 G2 G3) cardinal : 2 ;union 3 8 , cardinal : 53
;12: génératrice (G1 G2 G4) cardinal : 1 ;union 4 9 , cardinal : 43
;13: génératrice (G1 G3 G4) cardinal : 1 ;union 14 15 , cardinal : 3
;14: génératrice (G2 G3 G4) cardinal : 2 ;union 2 5 , cardinal : 45
;15: génératrice (G1 G2 G3 G4) cardinal : 1 ;union 3 6 , cardinal : 59
;union 4 7 , cardinal : 48
    
```

début : 0 fin : 71

	mes. 1			2	3	
(11 15)	
(1 7)	
(2 9)	Perc. 1
(3 10)	
(12 15)	
(1 6)	
(2 8)	Perc. 2
(4 10)	
(13 15)	
(1 5)	
(3 8)	Perc. 3
(4 9)	
(14 15)	
(2 5)	
(3 6)	Perc. 4
(4 7)	

début : 72 fin : 143

	mes. 4			5	6	
(11 15)	
(1 7)	
(2 9)	Perc. 1
(3 10)	
(12 15)	
(1 6)	
(2 8)	Perc. 2
(4 10)	
(13 15)	
(1 5)	
(3 8)	Perc. 3
(4 9)	
(14 15)	
(2 5)	
(3 6)	Perc. 4
(4 7)	

Exemple 10

André RIOTTE, *Partitions-gouffres* (1986), Transcription en Partitions-6 des résultats obtenus initialement en LC concernant les calculs des partitionnements utilisés dans la première partie

Extrait d'André RIOTTE, « Formalismes et liberté de l'imaginaire », *Autour de la Set Theory. Rencontre musicologique franco-américaine* (Moreno ANDREATTA, Jean-Michel BARDEZ et John RAHN, eds.), Sampzon : Delatour / Ircam, 2008, p. 175

réaliser une partition⁶⁵ ». Cette approche analytique, dont André Riotte et Marcel Mesnage ont largement montré la pertinence et l'intérêt, se distingue de l'analyse « formalisante », qui vise à aider à la description d'une partition à l'aide des formalismes partiels, de même que la composition algorithmique se distingue de la composition assistée (ou aidée) par l'ordinateur.

En guise de conclusion : portée et limites de cette étude

Dans cette étude, nous avons tenté d'esquisser une perspective sur la musique algorithmique à partir de quelques éléments historiques et en privilégiant les démarches de certains compositeurs / théoriciens. Notre présentation du sujet reste limitée, la période analysée allant des premières utilisations de l'ordinateur jusqu'à la fin des années 1980. Nous n'avons donc pas pris en compte les approches algorithmiques pour la composition en temps réel ou l'improvisation, ni les modèles basés sur les grammaires génératives ou sur l'intelligence artificielle (reconnaissance de style, théorie de l'apprentissage...)⁶⁶. Nous nous sommes ainsi arrêtés au tout début de ce qu'on appelle désormais couramment la CAO (Composition assistée par ordinateur), une discipline certainement beaucoup plus générale que la catégorie de musique algorithmique, au sens où nous l'avons définie dans cet article.

Insistons également sur la difficulté d'une problématique qui peut être abordée depuis des points de vue différenciés. Notre interprétation s'oppose, par exemple, à celle de David Cope dans *The Algorithmic Composer*⁶⁷, lequel souligne la connotation péjorative du terme *assisted* dans l'expression « *computer-assisted composition* », souvent employée comme synonyme de musique algorithmique. Loin de restreindre l'utilisation d'outils algorithmiques, comme l'affirme Cope, la formulation « composition assistée » souligne, au contraire, la place de l'outil informatique dans le processus de création : le compositeur s'aide de l'ordinateur dans l'explicitation de sa démarche compositionnelle, mais il a la possibilité de changer les résultats du calcul pour des raisons esthétiques qui échappent à la modélisation informatique – démarche implicitement interdite dans la composition algorithmique telle que nous l'avons envisagée ici. Plus récemment, cependant, David Cope a proposé une nouvelle catégorisation qui semble contredire sa vision de la composition algorithmique comme catégorie plus générale que celle de « composition assistée par ordinateur ». Cette nouvelle typologie distingue entre « *Computer generated sound* » (CGS), « *Computer generated assistance* » (CGA) et « *Computer generated composition* »⁶⁸. La musique algorithmique, telle que nous l'avons traitée tout au long de cette étude, appartient à cette dernière catégorie.

⁶⁵ Emmanuel AMIOT *et al.*, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale », *op. cit.*, p. 91.

⁶⁶ Pour la composition temps réel ou interactive, voir Robert ROWE, *Machine Musicianhip*, Cambridge : MIT Press, 2001. Dans la composition interactive, on peut distinguer entre les processus purement génératifs, qui créent de la musique à partir de règles et des éléments atomiques du vocabulaire musical (hauteur, durée, etc.), et les systèmes recombinants, qui puisent dans des bases de données déjà structurées et recombinent ces matériaux. C'est à l'intérieur de cette dernière approche que s'inscrivent les démarches de David Cope avec son système EMI (*Experiments in Musical Intelligence*), de même que des environnements pour l'improvisation assistée par ordinateur développés récemment à l'Ircam, comme le système Omax (<http://omax.ircam.fr/>). Sur le lien entre approches algorithmiques et recherches récentes en composition assistée par ordinateur, voir Gérard ASSAYAG, « La musique, le nombre, l'ordinateur », texte inédit, disponible à l'adresse : <http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/RMPapers/NumeroMusica98> (vérifié le 12 janvier 2009) ; Gérard ASSAYAG et Jean-Pierre CHOLLETON, « Musique, nombre et ordinateurs », *La Recherche*, 278 (1995), p. 804-810.

⁶⁷ David COPE, *The Algorithmic Composer*, Madison : A-R, 2000.

⁶⁸ Voir David COPE, « Preface », *The OM Composer's Book 2* (Carlos AGON, Gérard ASSAYAG et Jean BRESSON, édés.), Sampzon : Delatour / Ircam, 2008, p. IX-XV.

Éléments bibliographiques

- Pierre BARBAUD, « Musique algorithmique », *Esprit*, 280 (1960), p. 92-96.
- Pierre BARBAUD, « Le compositeur automatique : une méthode de composition musicale algorithmique », *Comptes rendus du Séminaire sur les modèles mathématiques dans les sciences sociales* (1960-1961), Fascicule II, Deuxième trimestre, Paris : EPHE.
- Pierre BARBAUD, *Initiation à la composition automatique*, Paris : Dunod, 1965.
- Pierre BARBAUD, *La Musique, discipline scientifique*, Paris : Dunod, 1971.
- Pierre BARBAUD, *Schoenberg*, Nice : Main d'œuvre, 1997.
- Lejaren HILLER, « Music Composed with Computers – A Historical Survey », *The Computer and Music* (Harry LINCOLN, éd.), Ithaca : Cornell University Press, 1970, p. 42-96.
- Gottfried Michael KOENIG, *Genesi e forma. Origine e sviluppo dell'estetica musicale elettronica*, Rome : Semar, 1995.
- Michel PHILIPPOT, *Écrits*, Vincennes : Association Michel Philippot, 1998 (nouvelle version à paraître, Sampzon : Delatour / Ircam, 2010).
- André RIOTTE et Marcel MESNAGE, *Formalismes et modèles musicaux*, Sampzon : Delatour / Ircam, 2006.
- André RIOTTE, « Formalismes et liberté de l'imaginaire », *Autour de la Set Theory. Rencontre musicologique franco-américaine* (Moreno ANDREATTA, Jean-Michel BARDEZ et John RAHN, éd.), Sampzon : Delatour / Ircam, 2008, p. 169-184.
- Charles AMES, « Automated Composition in Retrospect : 1956-1986 », *Leonardo Music Journal*, XX/2 (1987), p. 169-185.
- Gérard ASSAYAG, « La musique, le nombre, l'ordinateur », texte inédit, disponible à l'adresse : <http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/RMPapers/NumeroMusica98> (vérifié le 12 janvier 2009).
- Joel E. COHEN, « Information Theory and Music », *Behavioral Science*, 7 (1962), p. 137-163.
- Karlheinz ESSL, *Strukturgeneratoren. Algoritmische Musik in Echtzeit*, Graz : Institut für elektronische Musik an der Hochschule für Musik und darstellende Kunst, 1996.
- Karlheinz ESSL, « Algorithmic Composition », *The Cambridge Companion to Electronic Music* (Nick COLLINS et Julio D'ESCRIVAN, éd.), Cambridge : Cambridge University Press, 2007, p. 107-125.
- Gareth LOY, « Composing with Computers – A Survey », *Current Directions in Computer Music Research* (Max MATHEWS et John PIERCE, éd.), Cambridge : MIT Press, 1989, p. 291-396.
- Abraham MOLES, *Théorie de l'information et perception esthétique*, Paris : Flammarion, 1958.
- Claude SHANNON et Warren WEAVER, *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana : University of Illinois Press, 1949.
- Nicolas VIEL, *Musique et néo-positivisme : trajectoires de la création musicale d'Arnold Schoenberg à Pierre Barbaud*, Thèse de doctorat, Université de Paris-IV, 2007.

Et aussi...

Gerhard NIERHAUS, *Algorithmic Composition. Paradigms of Automated Music Generation*, Springer, 2009

Bibliographie détaillée sur la musique algorithmique :
<http://www.flexatone.net/algoNet/>