

Les Cahiers du CIREM, 18-19 (1990-1991) « Musique et aléatoire(s) ».

CHARLES, Daniel. *Gloses sur John Cage*, collection « 10-18. Série esthétique », Paris : Union générale d'éditions, 1978 ; nouvelle édition revue et augmentée, *Gloses sur John Cage*, puis *Glose sur Meister Duchamp*, collection Arts et esthétique, Paris : Desclée de Brouwer, 2002.

CHARLES, Daniel. *La Fiction de la postmodernité selon l'esprit de la musique*, collection « Thémis. Philosophie », Paris : Presses universitaires de France, 2001.

CHEVASSUS, Béatrice. « Ombres », *Entretiens*, 6 (1986), p. 5-15.

COUCHOUD, Jean-Paul. *La Musique polonaise et Witold Lutoslawski*, collection Stock musique, Paris : Stock, 1981.

Eco, Umberto. *L'Œuvre ouverte* [1962], traduit de l'italien par Chantal Roux de BÉZIEUX avec le concours d'André BOUCOURECHLIEV, collection Pierres vives, Paris : Seuil, 1965.

FENEYROU, Laurent & FERRARI, Giordano & MATHON, Geneviève (dir.). *À Bruno Maderna*, Paris : Basalte, 2 volumes, 2007-2009.

MILA, Massimo. *Maderna musicista europeo* [1976], édition d'Ulrich MOSCH, collection Piccola Biblioteca Einaudi, Torino : Einaudi, 1999.

NIKOLSKA, Irina. *Conversations with Witold Lutoslawski (1987-1992)*, traduit du russe en anglais par Valeri YEROKBIN, Stockholm : Melos, 1994.

POIRIER, Alain (dir.). *André Boucourechliev*, Paris : Fayard, 2002.

SKOWRON, Zbigniew (dir.). *Lutoslawski Studies*, Oxford : Oxford University Press, 2001, p. 57-95.

Musique algorithmique

MORENO ANDREATTA

Le mécanisme opératoire peut même être actionné indépendamment de tout objet sur lequel opérer (quoique on ne puisse obtenir aucun résultat dans ce cas). Encore une fois, il pourrait opérer sur d'autres choses que les nombres, du moment que l'on trouve des objets dont les relations fondamentales mutuelles puissent être exprimées en termes d'opérations [mathématiques], et dont ces relations soient également susceptibles d'être adaptées à l'action de la notation opératoire et au mécanisme de la machine. Supposons, par exemple, que les relations fondamentales des hauteurs des sons dans la théorie de l'harmonie et de la composition musicale soient susceptibles d'une telle expression et de telles adaptations, alors la machine pourrait composer des pièces de musique élaborées et scientifiques de n'importe quel degré de complexité ou d'extension¹.

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, Joseph Haydn ou Carl Philipp Emanuel Bach, l'utilisation de méthodes combinatoires et algorithmiques n'a pas dû attendre l'« implémentation » informatique pour voir le jour². Cependant, c'est précisément avec

1. Luigi F. MENABREA [capitaine du génie militaire], « Notions sur la machine analytique de M. Charles Babbage », *Bibliothèque universelle de Genève*, 82 (1842), p. 352-376. Absente de la version française, l'idée d'une application de la machine analytique de Charles Babbage à la musique est proposée par Ada LOVELACE dans sa traduction accompagnée de notes critiques, publiée l'année suivante sous le titre « Sketch of the Analytical Engine Invented by Charles Babbage », *Taylor's Scientific Memoirs*, 3 (1843), p. 666-731. Si Charles Babbage est considéré comme celui qui a conçu le premier ordinateur, il est frappant de remarquer que la première « programmeuse » de l'histoire, Ada Lovelace, a instantanément imaginé qu'un des domaines d'application possibles de la machine analytique était la composition musicale – une intuition qui, comme on le verra, attendra sa concrétisation pendant plus d'un siècle.
2. En attendant un article sur la musique algorithmique dans le *Grove Music Online*, nous renvoyons, pour une analyse plus large des procédés algorithmiques, à Karlheinz ESSL, « Algorithmic Composition », *The Cambridge Companion to Electronic Music*, sous la direction de Nick COLLINS & Julio d'ESCRIVÁN, Cambridge : Cambridge University Press, 2007, p. 107-125. 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.

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'étapes³ », 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 insu⁴ », 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 pas⁵ ». 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 informatique⁶. 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

3. Voir Essl, « Algorithmic Composition », p. 107.

4. La musique, écrit Leibniz dans une lettre à Christian Goldbach, est « *exercitium arithmeticae occultum nescientis se numerare animi* » (Gottfried Wilhelm Leibniz, *Epistolae ad diversos*, vol. I, édition de Christian Kortholt, Leipzig, 1734, p. 240 [lettre du 17 avril 1712]).

5. 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).

6. 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 : 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.

la partition, laissant ainsi de côté, par exemple, les nombreuses expériences autour de l'utilisation de l'ordinateur pour l'analyse et la synthèse sonores⁷.

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 (1928-2011). 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 pour 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 la musique algorithmique en tant qu'orientation théorique ou technique compositionnelle basée sur la donnée d'une famille prédéterminée d'énoncés 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 musique⁸.

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

7. 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, voir dans cet ouvrage le chapitre Martin Laliberté, « Émergence et développement de l'informatique musicale », page 639, ainsi que les nombreux écrits théoriques de Jean-Claude Risset, l'un des pionniers de l'utilisation des modèles mathématiques et informatiques dans la synthèse sonore (voir par exemple Jean-Claude Risset, « Computing Musical Sound », *Mathematics and Music. A Diderot Mathematical Forum*, sous la direction de Gérard Assayag & Hans Georg Feichtinger & Jose Francisco Rodrigues, Berlin : Springer, 2002, p. 215-231).

8. Voir Luigi Verdi, « L'histoire de la *set theory* d'un point de vue européen », *Autour de la Set Theory. Rencontre musicologique franco-américaine*, sous la direction de Moreno Andreatta & Jean-Michel Bardez & John Rahn, Sampzon : Delatour, Paris : 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, décrit l'une des déclinaisons de la musique algorithmique dans sa définition la plus large.

de l'échelle de douze sons en deux hexacordes complémentaires et non ordonnés, appelés *tropes*⁹. Le travail systématique sur les structures d'hexacordes, dont le compositeur achève l'énumération exhaustive au début des années 1920¹⁰, contribue à la mise en place d'une véritable approche algorithmique de la composition dont le résultat sera une série de « jeux dodécaphoniques » ou *Zwölftonspiele*. 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 doriennne de *ichos*, son, et *ripseis*, jets, 1956-1957), pour 21 musiciens, et la série des pièces stochastiques écrites entre 1956 et 1962 : *ST/48*, 1-240162, pour 48 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 musiciens¹¹.

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

9. 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 12 (ou bien 2×6) 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 dans cet ouvrage le chapitre Stéphan SCHAU, « Milton Babbitt et le "système dodécaphonique" », page 847).

10. 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*, sous la direction d'Alain FOURCHOTTE, Nice : Publications de la Faculté des lettres de Nice, 2000.

11. 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 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 Composition* [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.

électronique : celles de l'Institut de sonologie d'Utrecht, en particulier par Gottfried Michael Koenig (né en 1926) et Otto Laske (né en 1936)¹². 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 ordinateur¹³. Quant à l'inscription de sa démarche algorithmique dans le prolongement ou 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 sérialisme¹⁴. Le point de départ de Koenig consiste, en effet, à 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 *Project 1* 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 (exprimés en notation musicale). Le programme *Project 1* 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 (*Project 2*), 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 *Project 2* 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 musicaux¹⁵. 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

12. 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.

13. Gottfried Michael KOENIG, « Musik und Zahl » [1958], *Ästhetische Praxis. Texte zur Musik*, vol. I : 1954-1961, Saarbrücken : Pfau, 1991, p. 7-62.

14. Voir même référence, 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 « métasystème, une attitude mentale générale permettant de développer d'innombrables systèmes particuliers du point de vue de leur réalisation compositionnelle » (Gottfried Michael KOENIG, *Genesi e forma. Origine e sviluppo dell'estetica musicale elettronica*, Roma : Semar, 1995, p. V, « Introduction »).

15. Le lecteur trouvera 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 *Project 2*, dans AMES, « Automated Composition in Retrospect », p. 176-178.

dynamique exercée par le compositeur à travers les données d'entrée (*input*) et les fenêtres de dialogue avec la machine¹⁶. 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. 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 États-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 évaluer 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 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 algorithmique¹⁷.

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 images¹⁸.

L'un des premiers exemples de composition algorithmique est une petite pièce, *Push Button Bertha* (*Bertha Pousse-Bouton*, 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

16. KOENIG, *Genesi e forma*, p. 75.

17. 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 influence certaine dans le milieu de la musique contemporaine américaine de l'après-guerre, Schillinger a sans doute pour mérite majeur 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).

18. Claude SHANNON & 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 ».

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 (voir exemple 1 page suivante).

À l'exception d'un court article de Martin Klein, « Syncopé par automatisation¹⁹ », un article commenté la même année par l'une des figures centrales de la tradition microtonale américaine, Ivor Darreg²⁰, 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 : *Illiatic Suite* (*Suite Illiatic*, 1957), pour quatuor à cordes, de Lejaren Hiller (1924-1994) et Leonard M. Isaacson (né en 1927)²¹. Cette suite, intitulée à l'origine *String Quartet No. 4*, résulte d'une série d'expériences (*experiments*), quatre principalement, menées par Hiller et Isaacson à l'université de l'Illinois à l'aide de l'ordinateur Illiatic (*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 Markov²². 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 hauteurs²³.

Troisième expérience : musique expérimentale ;

19. Martin KLEIN, « Syncopation by Automation », *Radio-Electronics*, juin 1957.

20. Igor DARREG, « The Electronic Computer Takes up Music Lessons », 6 juin 1957, publication en ligne : <http://sonic-arts.org/darreg/dar6.htm> (consulté le 27 juillet 2013).

21. Cette pièce a fait l'objet de plusieurs analyses, dont la première offre un compte rendu détaillé, par les auteurs, des outils techniques employés et tente de faire un panorama – limité – des recherches en cours dans le domaine de la composition par ordinateur (Lejaren HILLER & Leonard M. ISAACSON, *Experimental Music. Composition with an Electronic Computer*, New York : McGraw-Hill, 1959). 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*, sous la direction de Harry LINCOLN, Ithaca : Cornell University Press, 1970, p. 42-96).

22. 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 sinusoidaux 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 *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 HILLER, « Music Composed with Computers », 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 82 musiciens divisés en deux orchestres avec deux chefs, et *Eonta* (*Étatis*, 1963-1964), pour piano et quintette de cuivres. Pour cette dernière pièce, il est précisé qu'il s'agit d'une partition « partiellement engendrée 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.

23. 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.

"PUSH BUTTON BERTHA"LYRIC BY
JACK OWENS
ASCAP.

2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0	0	0	8	0	7	1	9	2	7

RANDOM NUMBERS
USED FOR MUSIC.

MUSIC BY
DATATRON
MATHEMATICIANS
DR. MARTIN KLEIN
DR. DOUGLAS BOLITHO

MODERATE BRIGHT BOUNCE

The musical score is written in G major, 4/4 time, with a tempo of 'Moderate Bright Bounce'. It consists of a vocal line and a piano accompaniment line. The lyrics are: SHE'S PUSH BUT-TON BER-THA SWEET MA - CHINE WHAT A QUEEN CAL - CU - LAT - IN' PAL - 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 - SON - IC FRIEND THE END ONCE SHE'S OP - ER - A - TIN' WATCH HER ROCK AND ROLL BER - THA'S NOT DE - MAND - ING NEV - ER WANT'S 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 - VINE 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.

Exemple 1. Douglas Bolitho et Martin Klein, *Push Button Bertha* (*Bertha Pousse-Bouton*, 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*, XX/2 (1987), p. 169.

© droits réservés

Rythme, intensité, modes de jeu et écriture simple chromatique :

- Rythme élémentaire, intensité et modes de jeu ;
- Musique chromatique aléatoire ;
- Musique chromatique aléatoire combinée avec des rythmes modifiés, l'intensité et des modes de jeu ;
- 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*) ;
- Musique chromatique contrôlée et composée avec des structures rythmiques modifiées, intensités et mode de jeu ;
- Séries d'intervalles, séries de hauteurs et séries limitées (*restricted tone rows*)²⁴.

L'exemple 2 (pages 1248-1249) 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).

Voici comment les compositeurs décrivent la troisième expérience dans la note de programme qui a accompagné la création de cette *Iliac Suite*²⁵ :

Dans le troisième mouvement, nous avons rendu compte 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 *Iliac 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 calculatrices 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 *Iliac*, 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.

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 *Iliac Suite* n'aurait évidemment pas

24. Extrait de HILLER & ISAACSON, *Experimental Music*, cité dans AMES, « Automated Composition in Retrospect », p. 170.

25. Voir Lejaren HILLER & Leonard M. ISAACSON, « Computer Music and the *Iliac Suite* », note de programme pour la création mondiale de la pièce *Iliac Suite* (*String Quartet No. 4*), Urbana : University of Illinois, 9 août 1958. Cité dans un texte écrit à l'occasion d'une exposition à l'Université de New York – Buffalo : Lejaren A. Hiller: *Computer Music Pioneer*, Music Library Exhibition du 24 mai au 7 septembre 2004.

arco ord.
f dim.
pp cresc.
mp
pizz.
sul pont.
snap pizz.
arco *trun* *trun*
ff
col legno
pizz.
f
f

arco
sul tasto
ff
mf dim.
col legno
pp
dim.
p

Adagio

arco
ff
pp
arco
ff
pp
arco
ff
pp
arco
ff
pp

Tempo primo

ff martellato
pp cresc.
mp cresc.
sul pont.
p cresc.

sul tasto
col legno
modo ord.
ff dim.
mf
* tr en tons entiers
p modo ord.
* trun
ff
pp cresc.
f cresc.

pizz.
p dim.
ff

Exemple 2. Lejaren Hiller et Leonard M. Isaacson, *Iliac Suite* (*Suite Iliac*, 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.

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, *Iliac Suite* est une étude des aspects algorithmiques du 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*²⁶ ».

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

Bien qu'aucune œuvre de Michel Philippot²⁷ 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*²⁸, 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 machines²⁹ », 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 par des ingénieurs, soit par des musiciens, soit par les deux, simultanément ou non, pour étudier comment un processus de composition peut ou pourrait être confié à des machines³⁰ ». 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 musique³¹ ». 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

26. HILLER & ISAACSON, *Experimental Music*, 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, Brighton : University of Sussex, 1997.

27. 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.

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

29. 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.

30. PHILIPPOT, *Écrits*, p. 319.

31. Même référence, p. 323.

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'imagination³². » 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 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 nulle³³ ».

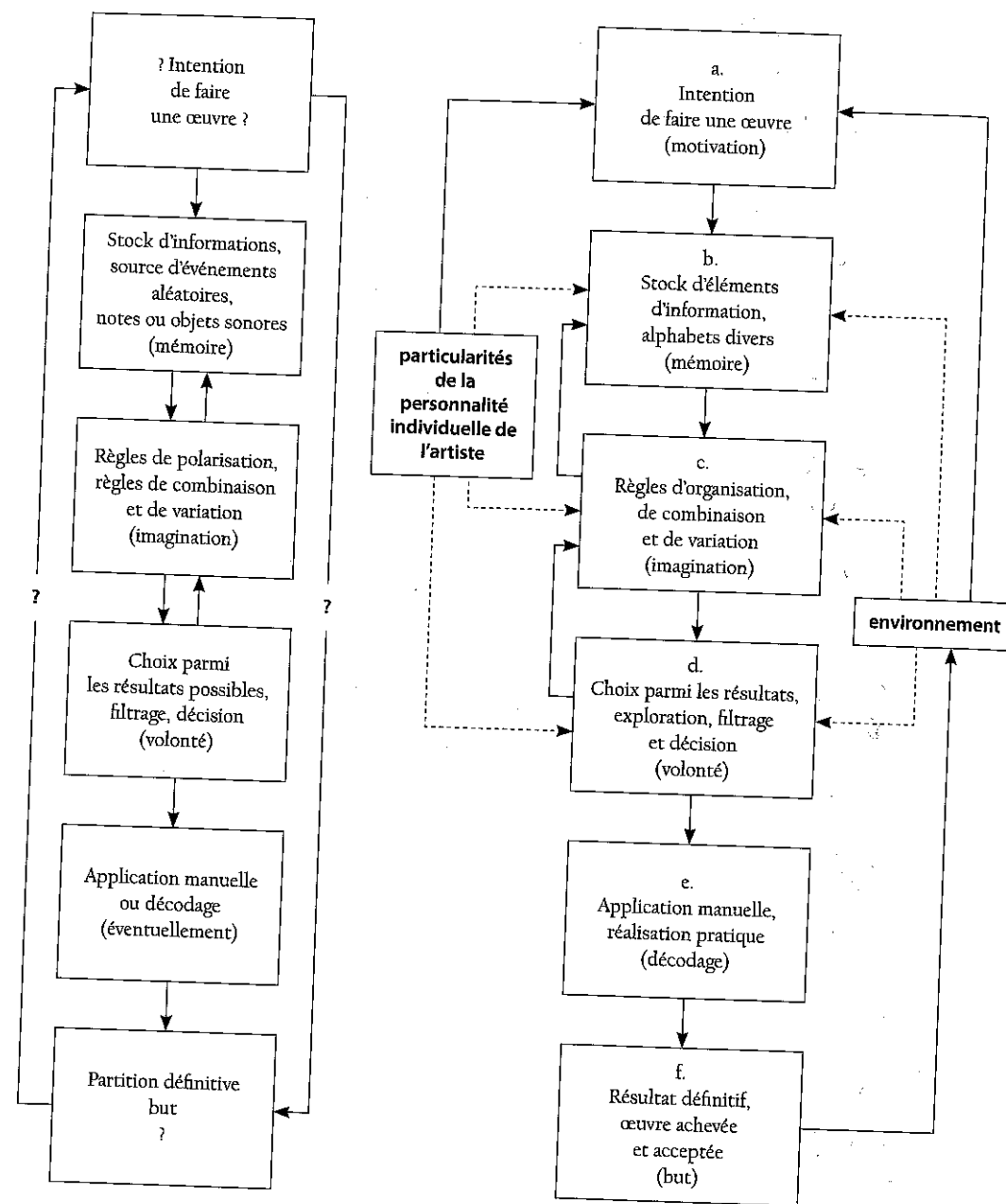
À la différence des musiciens américains qui utilisent la théorie de l'information comme méthode de composition, Philippot fait du paradigme informationnel un outil pour aborder de façon nouvelle le problème de la création esthétique. Pendant les années 1960, son objectif, ambitieux, est d'établir un 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. L'exemple 3 (page suivante) 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.

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 simulation³⁴. 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

32. PHILIPPOT, *Écrits*, p. 324.

33. Même référence, p. 484 (« L'électronique et la musique », conférence donnée le 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.

34. « On a pu observer que si 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. » (PHILIPPOT, *Écrits*, p. 153, « À propos d'algorithmes en composition musicale » [compte rendu rédigé en 1983]).



Exemple 3. Michel Philippot, « Le devoir d'humanité » (1960) et « À propos de mécanismes de création esthétique » (1966), évolution du diagramme fonctionnel de la composition musicale³⁵.

35. PHILIPPOT, *Écrits*, p. 35 (« Le devoir d'humanité ») et p. 108 (« À propos de mécanismes de création esthétique »).

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)³⁶ ». 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 Barbaud³⁷ 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-positiviste³⁸, 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 « algorithmique », ou plus précisément « cybernético/algorithmique³⁹ », 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), coécrites 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), signée par Barbaud dans le programme du concert (exemple 4 page suivante), fut coécrite avec ses collègues du G.M.A.P. (Groupe de musique algorithmique de Paris), Janine Charbonnier et Roger Blanchard.

36. PHILIPPOT, *Écrits*, p. 263 (« La création musicale en 1974 » [rédigé en 1974]).

37. 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).

38. Nicolas VIEL, *Musique et Néo-positivisme : trajectoires de la création musicale d'Arnold Schoenberg à Pierre Barbaud*, thèse de doctorat, université de Paris-Sorbonne, 2007.

39. 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 tenu à Leicester, De Montfort University en 2007 ; article disponible en ligne : www.ems-network.org/IMG/pdf_VielEMS07.pdf, consulté le 27 juillet 2013). 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).

MUSÉE RODIN

77, rue de Varenne

-oOo-

EXPOSITION HISTOIRES NATURELLES

- CONCERT du MARDI 23 JUIN 1959 -

- 1) Quatre pièces de "l'Ars Nova" (XIV^e siècle) Le Bestiaire fantastique
- a) Ma trédol rossignol Borlet Premières auditions de musique cybernétique
3 voix
- b) Craus vous dormez trop Anonyme
(virelai de l'alouette)
Soliste: Jean Archimbaud
- c) Par Maintes fois Jean Vaillant
(virelai des oiseaux)
Soliste: Yves Tessier
- d) Tosto che l'aiba Gherardello da Firenze
(caccia)
3 voix
- Ensemble vocal Roger Blanchard.
- 2) a) Chant de l'alouette à 3 voix Clément Jannequin
b) Gentils veneurs à 4 voix Clément Jannequin
(La chasse du cerf)
Solistes: Marcelle Croisier, Bernard Gallet,
Yves Tessier, Michel Richez, Alexandre
Jottras.
- 3) Trois mélodies Jottras.
a) Die Vogel F. Schubert
b) Die Nachtigall J. Brahms
c) Le Rossignol et la rose Marcel Delannoy
Soliste: Sylvaine Gilma
- 4) Le Bestiaire Francis Poulenc
(poèmes de Guillaume Apollinaire)
Soliste: Geneviève Macaux
- 1) Les fossiles Jean Germain
a) le mamouth
b) l'archaéoptéryx
- 2) La cantate de la baleine Lalan
- 3) Le bestiaire aztèque Brian de Martinoir
a) Xiuhtototl (l'oiseau de turquoise)
b) Amutzotl (Lutra felina)
c) Tiauhquechollil (Aka guacamayo)
- 4) Le Dragon Roger Blanchard
- 5) Souvenirs entomologiques Pierre Barbaud
a) Le grand nègre hongrois
b) Les processionnaires du pin
c) Achérontia Atropos
- Ensemble instrumental
sous la direction de Roger Blanchard

- Invitation valable pour deux personnes -

Exemple 4. Programme du premier concert de musique cybernétique en France (musée Rodin)⁴⁰.

© archives du musée Rodin

À la même période appartient une seconde œuvre collective, *Factorielle 7* (1960), comprenant trois parties (ou « variations »), composées chacune par un membre différent du G.M.A.P. – l'exemple 5 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 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 Schoenberg⁴¹. 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 clôture 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

40. VIEL, « Pierre Barbaud et la naissance de la musique par ordinateur en France ». Reproduit avec l'aimable autorisation de l'auteur.

41. PIERRE BARBAUD, *Schoenberg*, Nice : Main d'Œuvre, 1997.

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 71 = 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 soulignent le caractère « mécanique » d'une œuvre implacable dans ses développements⁴².

Exemple 5. Pierre Barbaud, *Factorielle 7* (1960), troisième partie, mesures 1 à 5⁴³.

42. PIERRE BARBAUD, « Musique et mémoire » (inédit). Cité dans VIEL, *Musique et Néo-positivisme*, p. 433-434.

43. VIEL, *Musique et Néo-positivisme*, p. 436. Reproduit avec l'aimable autorisation de l'auteur.

Cette 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 : *Initiation à la composition automatique* et *La Musique, discipline scientifique*⁵⁴.

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 s'ouvre avec la création du groupe B.B.K., 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* (*Terre de Saturne*, 1980), pour bande, commande de l'État sollicitée par le Groupe d'étude et de réalisation musicales (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 8 montre un extrait d'un des programmes utilisés pour la réalisation de *Terra ignota ubi sunt leones* (*Terre inconnue où sont les lions*, 1975), pour bande.

TERRA (3)

```

1 C          TERRA INCOGNITA VBI SVNT LEONES (3)    28.12.73          PAGE 1
2 C          *
3 C          *
4          COMMON K1,K2,IREST
5          DIMENSION JAP(20,10)
6          DIMENSION ITIM(3)
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
13         K=1
14         DO 20 L=1,10
15 5         CALL GIRL(IDIV)
16         IF(L.NE.1)GO TO 10
17         IF(IREST.EQ.0)GO TO 5
18 10        DO 20 K=1,20
19         IF(IREST.LT.8)GO TO 11
20         IF(IREST.LT.14)GO TO 12
21         IF(IREST.LT.18)GO TO 13
22         GO TO 14
23 11        JAP(K,L)=0
24         GO TO 20
25 12        JAP(K,L)=100
26         GO TO 20
27 13        JAP(K,L)=200
28         GO TO 20
29 14        JAP(K,L)=300
30 20        CONTINUE
31 C          *
32 C          *
33 C          *
34 30        K=3
35         IDIV=9
36 31        DO 40 JZ=1,15
37         CALL GIRL(IDIV)

```

OMIT 5
DIMENSION JAP(24,10)

OMIT 12
3 IDIV=100

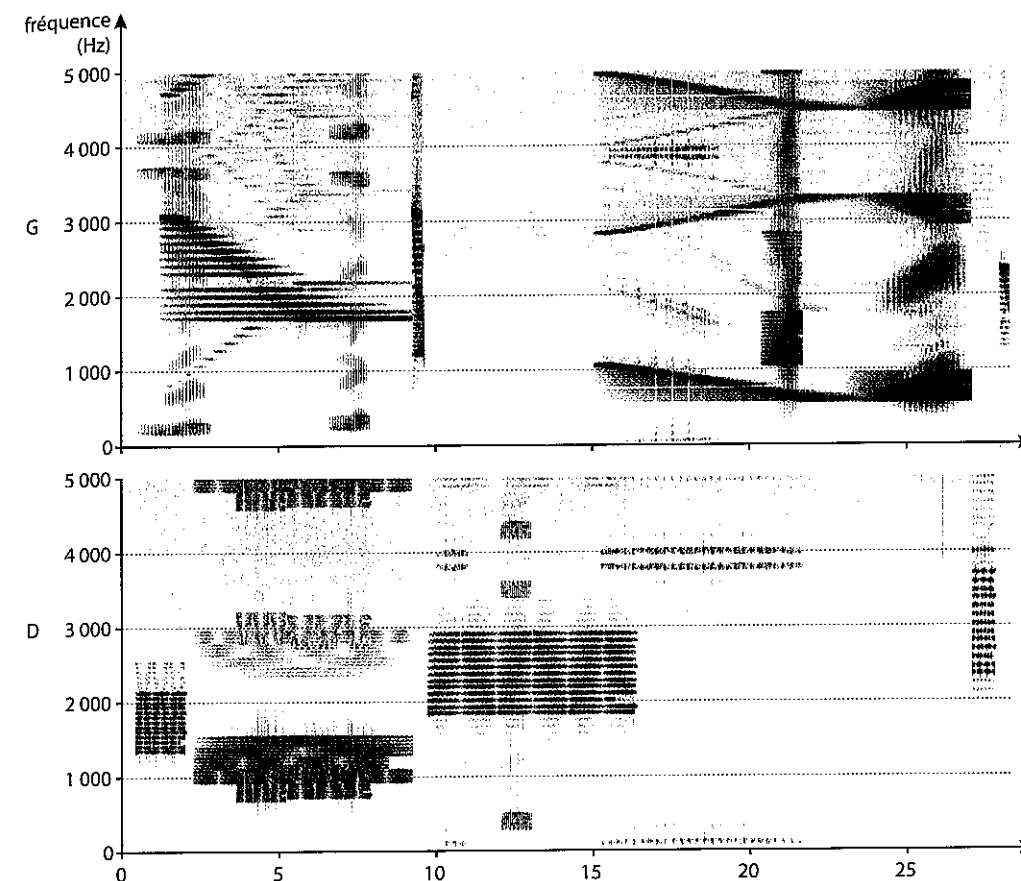
OMIT 14, 21
IF(IREST.LT.8) GO TO 11
IF(IREST.LT.14) GO TO 12
IF(IREST.LT.18) GO TO 13
(GO TO 14)

PERMUTATIONS

Exemple 8. Pierre Barbaud, *Terra ignota ubi sunt leones* (*Terre inconnue où sont les lions*, 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)

54. Pierre BARBAUD, *Initiation à la composition automatique*, Paris : Dunod, 1966 et Pierre BARBAUD, *La Musique, discipline scientifique. Introduction élémentaire à l'étude des structures musicales*, Paris : Dunod, 1971.



Exemple 9. Pierre Barbaud, *Saturnia tellus* (*Terre de Saturne*, 1980), spectrogramme réalisé à partir de l'enregistrement sonore.

Comme l'écrit Barbaud dans une note de programme⁵⁵, 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 musicale⁵⁶ », préconisée par le compositeur au début des années 1960, est désormais achevée⁵⁷.

55. Cette notice est reprise dans la pochette du disque compact *Musique algorithmique*, INA – Terra Ignota, 1998.

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

57. 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 VIEL, *Musique et Néo-positivisme*, p. 507-521.

Formalismes et modèles pour la composition algorithmique chez André Riotte

Dans sa préface à l'ouvrage de Barbaud consacré à Schoenberg, André Riotte⁵⁸ 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 travail⁵⁹ ». 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 solides⁶⁰ ». Riotte compte précisément au nombre de ces théoriciens-compositeurs. Il a apporté une contribution majeure à la formalisation mathématique des structures musicales et à leur implémentation dans des langages de programmation pour la composition⁶¹. 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 Stravinski, Florent Schmitt ou Francis Poulenc⁶², 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 compositeur⁶³.

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, 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 base, 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)⁶⁴ », les chercheurs du CRIME

58. André Riotte (1928-2011) a une formation de compositeur (élève d'André Jolivet), d'analyste (avec Olivier Messiaen et Jean Barraqué) et d'ingénieur en électronique (E.S.M.E., École spéciale de mécanique et d'électricité). À 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.

59. BARBAUD, *Schoenberg*, p. 9.

60. Même référence.

61. 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, Paris : 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 www.andreriotte.org/formalisation/index.htm (consulté le 27 juillet 2013).

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

63. André RIOTTE, « Formalismes et liberté de l'imaginaire », *Autour de la Set Theory. Rencontre musicologique franco-américaine*, sous la direction de Moreno ANDREAITTA & Jean-Michel BARDEZ & John RAHN, Sampzon : Delatour, Paris : IRCAM, 2008, p. 169-184.

64. BARBAUD, *Schoenberg*, p. 11.

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 neutre⁶⁵ », 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 implémentable⁶⁶.

En effet, à peu près à la même période, Gérard Assayag implémente le « langage des cribles » (L.C.), « un outil interactif pour la manipulation de structures formelles discrètes⁶⁷ ». 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 dérivation⁶⁸. 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 pulsations 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 :

1 ₀
2 ₀
3 ₀
5 ₀
2 ₀ U 3 ₀ U 5 ₀

Exemple 10. Pattern rythmique obtenu à travers des opérations ensemblistes (union) réalisées sur des cribles élémentaires mais appliquées à une structure métrique de base qui n'est pas un train de pulsations régulières⁶⁹.

65. Emmanuel AMIOT & Gérard ASSAYAG & Claudy MALHERBE & André RIOTTE, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale » [1986], Marcel MESNAGE & André RIOTTE, *Formalismes et Modèles musicaux*, vol. I, p. 80.

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

67. AMIOT & ASSAYAG & MALHERBE & RIOTTE, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale », p. 81.

68. Pour une définition de ces opérations et transformations sur les cribles, voir AMIOT & ASSAYAG & MALHERBE & RIOTTE, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale ».

69. Même référence, 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 formalisées⁷⁰, le compositeur utilise l'instrument « Partition de classes résiduelles » (P.C.R.). 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)⁷¹.

Au tout début, chaque percussionniste joue de quatre instruments : un gong et trois toms. L'exemple 11 montre un court extrait de la partition dans lequel le premier 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'elles puissent être jouées par un seul instrumentiste.

L'ensemble des calculs nécessaires pour manipuler les cribles ont été ensuite réunis dans un logiciel conçu et réalisé par Marcel Mesnage : *Partitions-6*⁷². Comme dans le cas du « langage des cribles » (L.C.) de Gérard Assayag, l'implémentation permet d'appliquer la théorie des cribles au

70. 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).

71. Pour une analyse détaillée de la technique de partitionnement 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, voir André RIOTTE, « Formalisation des échelles de hauteurs en analyse et en composition » [1992], Marcel MESNAGE & André RIOTTE, *Formalismes et Modèles musicaux*, vol. I, p. 103-111.

72. André Riotte est revenu sur l'analyse de cette composition algorithmique et des formalismes mathématiques utilisés dans « Formalismes et liberté de l'imaginaire », p. 169-184.

calcul de polyrythmies comme à celui des hauteurs. L'exemple 12 (page suivante) montre le résultat du calcul des partitionnements utilisés au début de *Partitions-gouffres* dans le logiciel *Partitions-6*. L'exemple 13 (page 1265) montre le début de la pièce en notation traditionnelle.

Exemple 11. André Riotte, *Partitions-gouffres* (1986), fragment (les incohérences rythmiques sont dans l'original)⁷³.

73. AMIOT & ASSAYAG & MALHERBE & RIOTTE, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale », p. 92.

Introduction de PERCUSSIONS-GOUFFRES pour 4 Percussions, André RIOTTE

;Grappes : (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 : 49
 ;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

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

début : 72 fin : 143

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

Exemple 12. André Riotte, *Partitions-gouffres* (1986), transcription en *Partitions-6* des résultats obtenus initialement en L.C. concernant les calculs des partitionnements utilisés dans la première partie. Extrait de RIOTTE, « Formalismes et liberté de l'imaginaire », p. 175.

Reproduit avec l'aimable autorisation des éditeurs

aussi vite que possible pour conserver une claire articulation (♩ ≈ 108)

les accents très marqués

Exemple 13. André Riotte, *Partitions-gouffres* (1986), début⁷⁴.

L'ensemble des outils issus de la théorie des cribles constitue également un répertoire de procédures formelles à travers lesquelles analyser des œuvres qui n'ont pas été générées par les mêmes outils théoriques. On touche ainsi à la question de l'analyse « formalisée », celle « qui rejoint le niveau des modèles formels, aptes à fonctionner par eux-mêmes pour réaliser une partition⁷⁵ ». 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.

74. RIOTTE, « Formalismes et liberté de l'imaginaire », p. 176.

75. AMIOT & ASSAYAG & MALHERBE & RIOTTE, « Génération et identification de structures de durées en écriture musicale », p. 91.

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...)⁷⁶. Nous nous sommes ainsi arrêtés au tout début de ce qu'on appelle désormais couramment la C.A.O. (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*⁷⁷, 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* » (C.G.S.), « *Computer generated assistance* » (C.G.A.) et « *Computer generated composition* »⁷⁸. La musique algorithmique, telle que nous l'avons traitée tout au long de cette étude, appartient à cette dernière catégorie⁷⁹.

76. Pour la composition temps réel ou interactive, voir Robert ROWE, *Machine Musicianship*, Cambridge : M.I.T. 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 recombinaux, qui puisent dans des bases de données déjà structurées et recombinaient 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>, consulté le 27 juillet 2013). Sur le lien entre approches algorithmiques et recherches en composition assistée par ordinateur, voir Gérard ASSAYAG, « La musique, le nombre, l'ordinateur », texte disponible à l'adresse : <http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/RMPapers/NumeroMusica98> (consulté le 27 juillet 2013).

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

78. Voir David COPE, « Préface », *The OM Composer's Book 2*, sous la direction de Carlos AGON & Gérard ASSAYAG & Jean BRESSON, Sampzon : Delatour, Paris : IRCAM, 2008, p. IX-XV.

79. Cet article doit beaucoup aux amis et collègues avec qui nous avons pu confronter nos hypothèses sur les façons de cerner et de caractériser une démarche compositionnelle qui semble échapper à toute tentative de définition. Nous remercions les membres de l'équipe « Représentations musicales », en particulier Gérard Assayag, Carlos Agon et Jean Bresson, pour les nombreuses discussions qui nous ont permis de préciser la portée et la limite d'une démarche algorithmique en musique. Nous remercions aussi les collègues qui nous ont facilité la lourde tâche des repérages bibliographiques, Jean-Michel Bardez et François Nicolas qui ont mis à notre disposition la nouvelle édition des écrits de Michel Philippot avant

Éléments bibliographiques

- AMES, Charles. « Automated Composition in Retrospect: 1956-1986 », *Leonardo Music Journal*, XX/2 (1987), p. 169-185.
- ASSAYAG, Gérard. « La musique, le nombre, l'ordinateur », texte disponible à l'adresse : <http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/RMPapers/NumeroMusica98> (consulté le 27 juillet 2013).
- BARBAUD, Pierre. « La musique algorithmique », *Esprit*, 280 (1960), p. 92-96.
- BARBAUD, Pierre. « 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 : E.P.H.E.
- BARBAUD, Pierre. *Initiation à la composition automatique*, Paris : Dunod, 1966.
- BARBAUD, Pierre. *La Musique, discipline scientifique. Introduction élémentaire à l'étude des structures musicales*, Paris : Dunod, 1971.
- BARBAUD, Pierre. *Schoenberg*, Nice : Main d'œuvre, 1997.
- COHEN, Joel E. « Information Theory and Music », *Behavioral Science*, 7 (1962), p. 137-163.
- ESSL, Karlheinz. « Algorithmic Composition », *The Cambridge Companion to Electronic Music*, sous la direction de Nick COLLINS & Julio d'ESCRIVAN, Cambridge : Cambridge University Press, 2007, p. 107-125.
- ESSL, Karlheinz. *Strukturgeneratoren. Algorithmische Musik in Echtzeit*, Graz : Institut für elektronische Musik an der Hochschule für Musik und darstellende Kunst, 1996.
- HILLER, Lejaren. « Music Composed with Computers, a Historical Survey », *The Computer and Music*, sous la direction de Harry LINCOLN, Ithaca : Cornell University Press, 1970, p. 42-96.
- KOENIG, Gottfried Michael. *Genesi e forma. Origine e sviluppo dell'estetica musicale elettronica*, Roma : Semar, 1995.
- LOY, Gareth. « Composing with Computers – A Survey », *Current Directions in Computer Music Research*, sous la direction de Max MATHEWS & John PIERCE, Cambridge : M.I.T. Press, 1989, p. 291-396.
- MESNAGE, Marcel & RIOTTE, André. *Formalismes et Modèles musicaux : un recueil de textes, 1963-1998*, 2 volumes, Sampzon : Delatour, Paris : IRCAM, 2006.
- MOLES, Abraham. *Théorie de l'information et Perception esthétique*, Paris : Flammarion, 1958.
- PHILIPPOT, Michel. *Écrits*, Vincennes : Association Michel Philippot, 1998 ; nouvelle version avec introduction de François NICOLAS, collection Pensée musicale, 2 volumes, Sampzon : Delatour, 2010.
- RIOTTE, André. « Formalismes et liberté de l'imaginaire », *Autour de la Set Theory. Rencontre musicologique franco-américaine*, sous la direction de Moreno ANDREATTA & Jean-Michel BARDEZ & John RAHN, Sampzon : Delatour, Paris : IRCAM, 2008, p. 169-184.
- SHANNON, Claude & WEAVER, Warren. *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana : University of Illinois Press, 1949.
- VIÉL, Nicolas. *Musique et Néo-positivisme : trajectoires de la création musicale d'Arnold Schoenberg à Pierre Barbaud*, thèse de doctorat, université de Paris-Sorbonne, 2008.

sa parution et André Riotte pour ses nombreuses communications personnelles autour de sa démarche compositionnelle. Nous adressons tous nos remerciements à Nicolas Vié, qui a mis à notre disposition son travail de thèse et nous a fourni des documents difficilement accessibles sur Pierre Barbaud. Les échanges que nous avons eus, ainsi que l'aide précieuse offerte par Laura Claass, que nous remercions chaleureusement, ont été particulièrement enrichissants pour comprendre la démarche de ce compositeur. Nous remercions enfin Wiebke Drenckhan Andreatta pour la patience, le soutien et l'indulgence dans les derniers mois. Cette étude est dédiée à la mémoire de Marcel Mesnage (1927-2009), théoricien de la musique et compositeur algorithmique.