



HAL
open science

Modélisation informatique de partitions, analyse et composition assistée

Marcel Mesnage, André Riotte

► **To cite this version:**

Marcel Mesnage, André Riotte. Modélisation informatique de partitions, analyse et composition assistée. Ircam - Centre Georges Pompidou. Cahiers de l'Ircam n° 3, Recherche musicale : La composition assistée par ordinateur, pp.1-1, 1993. hal-01161195

HAL Id: hal-01161195

<https://hal.science/hal-01161195>

Submitted on 28 Jan 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation informatique de partitions, analyse et composition assistée

Marcel Mesnage¹, André Riotte²

Les Cahiers de l'Ircam: *La composition assistée par ordinateur* 1(3), juin 1993

Copyright © Ircam - Centre Georges-Pompidou 1993

Il ne voulait pas composer un autre Quichotte-ce qui est facile-mais le Quichotte. (...) Son admirable ambition était de reproduire quelques pages qui coïncideraient-mot à mot et ligne à ligne-avec celles de Miguel de Cervantès.

J.L. Borges, "Pierre Ménard, auteur du Quichotte",
in *Fictions*, Gallimard, Paris, 1957.

Composition et analyse : tenir la forme...

La forme est la trace intellectuelle de toute réalité organisée. C'est dans la forme que se rejoignent la trace *a priori* élaborée par le compositeur, à partir de laquelle s'engendrent les objets musicaux, et la trace *a posteriori*, à partir de laquelle l'analyste essaie de les reconnaître.

Notion discrète parce qu'elle s'identifie globalement, la forme n'existe qu'à l'état de représentation continue dans un contexte continu. Elle est "habillée" de continuité : en musique, ce sont tous les attributs expressifs des sons qui ne sont représentables par des symboles qu'à des degrés variables d'approximation et qui sont associés à la structure sans en faire partie (même quand ils participent fortement à sa perception).

La forme est le lieu de rencontre des idées et des émotions, le point de contact entre l'appréhension du réel et ses résonances intériorisées.

Qu'il parte d'une spéculation, d'une métaphore, d'un texte, d'un matériau, le compositeur, lorsqu'il franchit le cap de l'imaginaire, utilise une symbolique qui lui est propre. Ce pourra être une image purement mentale, un réseau symbolique, traduit sous forme d'un schéma global où seront localisés des noeuds d'organisation, ou un support formel très organisé. Qu'il soit explicite ou non, c'est de lui que va découler la forme générale avec ses proportions, son évolution, sa dynamique. Le compositeur qui la conçoit agit en rétroaction constante entre sa vision abstraite, son écoute intérieure et ses vérifications ou hypothèses auditives, et ce va-et-vient se traduit par une mise au point évolutive qui est la composition même.

Cette faculté d'imaginer, puis de concrétiser des formes en marche rend le compositeur enclin à interroger, à des périodes clefs de son évolution, d'autres oeuvres musicales (ou non) où il pressent des analogies avec ses propres obsessions. Il les démonte alors et cherche à dégager les forces en jeu, ce qui le rend analyste d'occasion, mais avec des partis pris, des paresse : tel procédé sera examiné à la loupe, alors que telle section sera négligée. C'est pourquoi, sauf exceptions notoires (la *Mer* de Barraqué, le *Sacre* de Boulez), le compositeur n'est pas l'analyste type.

Composition et modèles

En relation avec le processus d'auto-analyse plus ou moins consciente qui caractérise le cheminement du compositeur, il est utile de chercher à être plus explicite sur cette notion de modèle, maintenant très

utilisée, et qui vient d'être employée sans précautions.

Elle recouvre en effet toute une hiérarchie d'attitudes et de fonctionnements qui se sont enrichis récemment d'expériences distinctes des compositeurs, des analystes et des scientifiques, et il semble utile de préciser ses différentes acceptions actuelles.

Si il n'était reconnu comme tel que pour les arts plastiques, le concept de modèle a toujours été sous-jacent dans l'histoire musicale; au XIVe siècle, des expériences formelles ont été poussées fort loin (l'isorythmie), et des moules comme ceux de la chaconne ³ ont codifié la variation bien avant la naissance de formes plus élaborées.

Suite à une réflexion récente sur les niveaux de modélisation ⁴, des compositeurs ont renouvelé l'alliance de la musique et du texte, utilisant le texte à la fois comme générateur de matériaux (phonétiques), de relations (syntaxiques), de transcodages (sur le signifiant et/ou le signifié).

Les dernières décennies avaient déjà vu fleurir d'autres liens, analogiques ou littéraux, avec des domaines variés. Olivier Messiaen (1955) a puisé ses curiosités dans d'autres époques (neumes du plain-chant), d'autres civilisations (rythmes indous), d'autres expressions de la nature (chants d'oiseaux) et en a tiré des éléments qu'il a formalisés à sa manière pour enrichir son langage, qu'il s'agisse de matériaux, de fonctionnements ou de forme proprement dite. Malgré sa répugnance déclarée à l'encontre de toute mathématisation, il a montré la voie à une introspection formelle dont la modélisation de partition est une conséquence indubitable.

Depuis, les expériences se sont multipliées : modèles statistiques liés aux grands nombres (Xenakis), transcodages de phénomènes physiques divers (Cage), rapports numériques tels que le nombre d'or et la série de Fibonacci qui lui est associée (Bartok, Stockhausen et tutti quanti ⁵).

François-Bernard Mâche, dans un texte récent (1991), oppose une conception structuraliste de l'oeuvre (l'assujettissement à un modèle formel) au maniement d'un assemblage de symboles, supposés coïncider avec des structures mentales universelles.

Or il n'y a pas opposition, mais hiérarchie de fonctions : l'existence d'une représentation symbolique ne contredit pas l'usage d'un modèle formel. En particulier, si le compositeur emploie des moyens informatiques d'aide à la composition, il devra nécessairement faire appel, sous une forme ou sous une autre, à une modélisation. Reste pour lui à s'assurer que le formalisme mathématique ne prend pas le pas sur les correspondances vitales qui servent de moteur à l'oeuvre; c'est affaire de dosage et non d'alternative.

L'analyse, une discipline autonome?

L'analyste, lui, lorsqu'il se lance à la découverte de la forme, est confronté à un produit fini (que ce soit la partition ou l'audition d'une oeuvre), dont les fluctuations, les hésitations, les repentirs ont disparu. Il n'a pas accès au modèle initial. Même si ce dernier est né dans l'imprécision, une fois fixé, il a les apparences de l'absolu. S'il ne possède pas des pistes fournies par le compositeur (encore faut-il être prudent à leur égard!), l'analyste ne pourra, dans les meilleurs des cas, que simuler cette opération de dégagement progressif, par exemple en construisant un graphe orienté représentant un faisceau d'hypothèses cohérentes sur une logique d'écriture et en fournissant des critères d'optimisation de parcours pouvant amener à la solution finale, c'est-à-dire l'oeuvre telle qu'elle est. Mais il ne lui sera jamais possible de prouver que ce modèle est le bon, sauf si le compositeur lui-même l'a consciemment défini-et respecté jusqu'au bout.

L'analyse musicale est née on ne sait quand-d'aucuns parlent d'Aristoxène, d'autres ne voient rien avant le XIXe siècle-et on ne sait où : c'est un enfant bâtard de l'humble pédagogie et de l'orgueilleuse musicologie, vampirisé dès l'origine par le commentaire esthétique, et depuis peu par la linguistique, la

sémiologie, l'informatique, les sciences cognitives..., entre autres.

Elle est inutile et même insupportable pour certains: pourquoi vouloir faire dire à la musique autre chose que ce qu'expriment directement les musiciens en la pratiquant? A cette question, on aimerait pouvoir répondre aussi insolemment: "Du moment que cette revue a des lecteurs, le discours sur la musique a un sens", mais il faut plutôt la considérer comme le refus d'un possible détournement de la musique au profit d'objets autres que le sien. Il faut reconnaître que, dans certains exercices d'intelligence artificielle ou de connexionnisme, la musique ne dépasse pas le niveau d'un faire-valoir superficiel pour auteurs en mal de reconnaissance, le mystère de l'une servant à entretenir la magie de l'autre. Il n'en est pas ainsi chaque fois que l'intention dominante est de trouver les meilleurs outils pour mieux comprendre la musique ou ceux qui la pratiquent. L'analyse musicale ne sauvera son identité que dans cette voie: elle a besoin d'instruments plutôt que d'alibis scientifiques.

Analyser une oeuvre, c'est d'abord mettre en évidence son articulation formelle, sa cohérence, ses modes de fonctionnement, sans brûler les étapes, sans faire d'impasses. Il est vrai qu'une analyse "exhaustive", définitive, ne peut exister, puisque le sens d'une oeuvre s'enrichit des préoccupations, outils et découvertes de chaque génération nouvelle, et que les liens qu'elle tisse ne sont pas limitatifs.

Qu'est-ce alors qu'une "bonne" analyse? celle qui donnera les moyens de pasticher son modèle? celle qui alimentera le culte du compositeur? de l'analyste? ou celle qui apportera la voie d'un plaisir supplémentaire au curieux des connivences secrètes entre intellect et sensation?

Techniques analytiques actuelles

Bien que l'analyse formelle ait de nombreux antécédents, dont Momigny et Reicha sont des exemples français intéressants, Heinrich Schenker (1956) a acquis une place prépondérante dans le monde anglo-saxon comme auteur d'une théorie analytique générale de la musique tonale. Il formulait cette théorie dans le même temps que son compatriote Arnold Schoenberg contribuait à en dépasser l'objet, avec la force que l'on sait ⁶. Le principal mérite de Schenker est d'avoir proposé une synthèse unificatrice allant de la surface musicale à la forme de l'oeuvre entière. Cette synthèse se fonde sur une intégration des points de vue du contrepoint et de l'harmonie, mais elle ne dit rien du rythme. Pour Schenker, toutes les oeuvres tonales sont issues d'une même structure fondamentale (accord tonique initial suivi de cadence parfaite) par des développements dont il donne une typologie (essentiellement des prolongations, des interruptions et des reprises). On lui doit une première formulation d'une structure dynamique partant d'un état initial pour aboutir à un état final via des transformations explicitement définies. En revanche, ce modèle est fortement réducteur, non seulement parce qu'il ne s'applique qu'à la musique tonale, mais aussi parce qu'il assigne comme objectif à l'analyse la confirmation de l'existence du modèle commun derrière la surface musicale, plutôt que la singularité de l'oeuvre dans son contexte stylistique.

Il n'empêche que les techniques de Schenker, notamment ses notations graphiques des relations structurelles, ont introduit une liberté descriptive qui faisait défaut dans les méthodes traditionnelles ⁷.

La conjonction de la linguistique formelle et de l'informatique, survenue dans les années 60, a produit diverses retombées sur le terrain de l'analyse musicale. La théorie la plus connue et la plus ambitieuse, qui invoque les grammaires génératives, est celle de Lerdahl et Jackendoff (1983). En fait, il s'agit pour une grande part d'une réécriture adroite et modernisée des théories schenkeriennes et de ses méthodes graphiques, assorties d'une traduction en règles d'inspiration linguistique. La construction ne génère pas des phrases musicales (qui seraient l'analogie des phrases du langage générées par la théorie de Chomsky) mais une structure assimilée à la perception de l'auditeur. Bien que restreinte au système tonal, comme celle de Schenker, la théorie en élargit quelque peu le champ explicatif en prenant en compte la métrique et ses relations avec la segmentation phraséologique, mais elle s'en tient du coup aux oeuvres du type monodie harmonisée et n'intègre pas la polyphonie.

Le principe des grammaires génératives a été utilisé plus fidèlement par Mario Baroni et Maurizio Jacoboni pour produire des mélodies dans le style de corpus très spécifiques (chorals de Bach, 1978, et pièces de Legrenzi, avec Rossana Dalmonte, 1990), ainsi que par Otto Laske (1975).

Une autre démarche générale a inspiré divers auteurs sous plusieurs étiquettes d'ordre linguistique. La méthode de base se fonde sur le repérage de répétitions ou plus généralement d'équivalences, ce qui recouvre à la fois la notion de ressemblance et d'égalité à une transformation près. Ces équivalences découpent la pièce analysée en classes de segments distinctes dont les relations sont ensuite interprétées. Une procédure de ce type, connue par la suite sous le nom d'analyse paradigmatique, a été décrite initialement par Nicolas Ruwet (1966), qui invoque l'école glossématique de Roman Jakobson et ses techniques de commutation ⁸, et déclare traiter "la musique comme un système sémiotique, partageant un certain nombre de traits communs-tels que l'existence d'une syntaxe-avec le langage et d'autres systèmes de signes". Dans cette sémiotique, Ruwet voit l'analyse comme allant "du message au code". Jean-Jacques Nattiez (1987) poursuit la démarche, en élargissant le champ de la sémiologie musicale, selon la "tripartition" de Jean Molino, de la production à la perception des oeuvres en passant par un niveau neutre intermédiaire. La convergence méthodologique de l'analyse musicale, à peine entrevue, tend alors à se dissoudre dans un horizon devenu trop vaste et on assiste plus souvent à des changements d'étiquettes qu'à des mutations de substance. En particulier, les essais de transposition sur le terrain musical des notions linguistiques de base, syntaxe et sémantique, n'ont pas donné lieu à un essor de connaissances comparable à ce qui s'est passé pour le langage et ont plutôt noyé la spécificité du langage musical sous de larges zones d'ambiguïté terminologique.

La démarche paradigmatique inaugurerait une méthode de segmentation qui, contrairement aux méthodes classiques, ne partait pas de formes

a priori, mais, au-delà de comparaisons mélodiques simples, la notion générale de "répétition" est trop vague pour être fondée formellement : une typologie précise des critères d'équivalence à utiliser et des entités sur lesquelles ils peuvent porter reste à faire, et l'exemple du langage cesse alors d'être utile.

Formalismes mathématiques

Une autre voie a été ouverte par le compositeur américain Milton Babbitt (1961), qui a développé dès 1955 un travail à base mathématique sur le système dodécaphonique; c'est dans cette même voie que Allen Forte (1973) a publié ensuite son répertoire exhaustif des accords (modulo-12, c'est-à-dire à l'octave près) connu sous le nom de *set theory*, formalisme amélioré par John Rahn (1980), puis complété sur le plan temporel par Robert D. Morris (1987).

En France, les pionniers ont été Michel Philippot (1960), qui a appliqué des techniques mathématiques à l'analyse de ses propres oeuvres, Iannis Xenakis (1963, 1967), qui a énoncé les bases d'une représentation mathématique de la musique libérée de la notation et du vocabulaire traditionnels, et Pierre Barbaud (1965, 1968). L'un des auteurs (Riotte, 1962, 1969) a développé à la même époque un premier travail informatique visant à calculer exhaustivement une classe de séries à double contrainte (hauteurs et intervalles), les cycles équilibrés ⁹.

Une grande part des recherches en informatique musicale se sont orientées vers la synthèse sonore, donc centrées sur le matériau, malgré les tentatives récentes de porter certaines de ses structures au niveau de l'organisation de la composition. Jean-Claude Risset a fait un point très documenté sur ces développements dans la revue *InHarmoniques* (n 8-9, 1991).

Les premiers travaux de traitement symbolique ont porté sur la composition automatique, le principal exemple étant l'application du contrepoint par Hiller et Isaacson (1959), reprise et approfondie par Bill Schottstaedt (1984). En abordant la simulation de styles variés, envisagée comme l'application de règles théoriques, les logiciels de Pierre Barbaud (*op. cit.*), malgré la simplicité des outils logiciels qu'il emploie,

ont sensiblement élargi ce cadre étroit et ses travaux restent sans équivalent à ce jour ou presque ¹⁰. A l'inverse, on peut citer comme exemple la simulation approfondie d'un style spécifique, celui des chorals de Bach, réalisée par Kemal Ebcioglu avec des techniques d'intelligence artificielle complexes (1986). Les travaux inspirés des grammaires génératives ont déjà été mentionnés.

On peut se demander pourquoi aucun de ces travaux n'a eu de retombées pratiques ou théoriques appréciables sur l'analyse musicale. L'une des raisons pourrait être que la simulation de la composition ne semble pas être reconnue comme une démarche analytique, mais tout au plus comme une démarche pédagogique, voire comme une curiosité, l'aspect parodique prenant le pas sur l'aspect explicatif ¹¹. Il semble également que l'hermétisme qui accompagne inévitablement l'application de nouvelles techniques fasse obstacle à une interaction efficace entre les analystes et les chercheurs informaticiens. Enfin, comme on l'a déjà remarqué, ceux-ci sont parfois plus préoccupés par l'illustration de techniques en vogue que par le sujet de la musique en soi.

L'analyse assistée par ordinateur

La première tentative de modélisation complète d'une partition de Stravinsky, présentée par l'un des auteurs au CEMAMu de Xenakis en 1974, a préparé l'étape de l'informatisation. Dix ans plus tard, le travail était repris en collaboration et mené à son terme (Mesnage et Riotte, 1988).

Les auteurs ont alors affirmé explicitement l'intérêt de la simulation compositionnelle comme démarche d'analyse assistée par ordinateur, et cela de façon radicale puisqu'ils ont pris le parti de construire des modèles de partitions complets, dans le sens d'une restitution exhaustive des partitions étudiées. Les premières modélisations décrites (1989) ont été réalisées avec des méthodes et des instruments inventés pour les besoins de la cause et sans souci de généralisation. Les suivantes (1991, 1992) se sont orientées progressivement vers l'étude et la réalisation de méthodes plus générales et d'outils banalisés, utilisables par des analystes non informaticiens.

L'essentiel de ces outils est actuellement incorporé dans un logiciel appelé Morphoscope qui, comme son nom l'indique, est un instrument d'inspection des formes musicales. Le Morphoscope considère une partition comme une base de données constituées d'entités musicales, ces entités sont vues comme des assemblages d'objets dont les propriétés prennent leurs valeurs dans des dimensions indépendantes, le temps formant l'une de ces dimensions. Le logiciel permet à l'analyste de "voyager" librement dans l'espace multi-dimensionnel des relations entre entités et en visualise graphiquement les configurations. Au vu des régularités ou des particularités qu'il perçoit et des interprétations qu'il en fait, l'analyste peut alors agir sur les données par la voie de transformations d'échelle, de calculs d'intervalles, de segmentations et autres opérations, et continuer à observer l'espace de données qu'il a structurellement enrichi en lui ajoutant de nouvelles propriétés, déduites ou non des propriétés antérieures. La démarche générale de l'analyse, totalement indépendante d'une théorie ou d'un style particuliers consiste à ramener progressivement la complexité initiale à une combinaison d'entités plus simples. Les exemples traités montrent qu'il en émerge souvent une structure compositionnelle significative dans laquelle on retrouve non seulement des notions connues comme les règles usuelles d'organisation des hauteurs dans la musique tonale, mais aussi des arrangements singuliers de combinaison des paramètres qui expriment l'aspect créatif propre à une oeuvre, souvent évacué par les démarches guidées par une théorie *a priori*.

Dans ce système, l'utilisation des regroupements en classes d'équivalences, introduite par l'analyse paradigmatique, est libérée de sa connotation syntaxique unidimensionnelle ¹²et généralisée comme moyen de transformation d'un flux musical global en une combinaison de flux sémantiquement plus élémentaires, eux-mêmes susceptibles d'être à nouveau décomposés. A partir des transformations analytiques, la reconnaissance de transformations inverses assemblant des flux constituants en flux plus généraux fournit la voie de passage à la modélisation des partitions.

Les dispositifs de base du Morphoscope sont complétés en amont par un système de saisie des partitions

qui encode tous les signes (dans la limite des notations usuelles), et en aval par diverses représentations analytiques complémentaires. Par exemple, une double représentation de tous les types d'accords possibles est fournie soit sous forme d'un code autodéchiffrable [13](#), soit par des contours polygonaux qui visualisent leurs

propriétés structurelles [14](#). D'autres propriétés structurelles telles que le rythme d'utilisation des matériaux, les proportions, la texture, sont également décrites par des graphes particuliers issus des flux.

L'usage du logiciel est entièrement piloté par des choix graphiques de paramètres et d'opérations et ne demande aucune connaissance de programmation. Les données produites sont néanmoins récupérables dans un environnement de programmation (Common Lisp) pour traitement éventuel par des algorithmes spécifiques ou d'autres types de systèmes tels que les systèmes de traitement de règles logiques, ou de recherche automatique de configurations (*pattern matching*).

Le Morphoscope est régulièrement enrichi sur la base des expériences d'utilisation. Outre son usage pour l'analyse, ce type de logiciel présente un intérêt pédagogique comme source de représentations de structures musicales aisément compréhensibles.

De l'analyse assistée à la composition assistée

Il existe actuellement des logiciels d'assemblage d'entités graphiques utilisés comme aide à la composition, notamment les logiciels Max et PatchWork de l'Ircam, qui ont rendu accessibles aux musiciens non spécialisés des opérations auparavant réservées aux programmeurs. En parallèle à ces démarches et aux logiciels qui se sont développés, en particulier à l'Ircam [15](#), il était naturel que la modélisation de partitions induise la création de logiciels d'assistance à la composition.

Les premiers se sont développés autour d'un mode de construction de régularités complexes à partir de régularités élémentaires.

Iannis Xenakis, qui est un pionnier de la formalisation musicale, nous a légué la notion de *crible* (1967). C'est l'un des rares termes à vocation générale ayant acquis droit de cité hors de la spécificité du vocabulaire traditionnel. En effet, bien qu'il limite ses exemples aux échelles de hauteurs, Xenakis précise que le crible s'applique à d'autres caractéristiques du son. Il introduit la notion en se référant d'abord à la construction de Peano qui représente les entiers naturels et ne décrit qu'un ensemble ordonné, puis il la particularise en ajoutant une relation de congruence qui apporte avec elle l'addition et l'arithmétique. La congruence est à la base de toutes les structurations musicales à base d'échelles, notamment dans le domaine des hauteurs (Riotte, 1992), ou de métriques, notamment dans le domaine temporel.

On peut cependant obtenir des structurations musicales plus primitives que celles des échelles, et néanmoins utiles, en se contentant des entiers selon Peano pris comme de purs nombres ordinaux [16](#).

Supposons que l'on repère deux types de valeurs caractéristiques d'une propriété quelconque à l'aide de deux cribles formés d'un sous-ensemble d'entiers arbitraire :

```
valeurs de type a -> crible {0, 3, 4}
valeurs de type b -> crible {1, 3}
ce qu'on peut écrire comme une famille: {a0, a3, a4, b1, b3}.
```

Les valeurs repérées par le même indice forment une famille de sous-ensembles: $\{\{a\}0, \{a, b\}3, \{a\}4, \{b\}1\}$. Les sous-ensembles d'indices associés à un même sous-ensemble de valeurs forment une *partition* (au sens mathématique) de l'ensemble $\{0, 1, 3, 4\}$ des indices des deux cribles: $\{\{0, 4\}, \{3\}, \{1\}\}$. Cette construction est le moyen le plus "économique" de former des classes de repérage disjointes à partir de classes qui ne le sont pas. D'un point de vue sémantique, la partition remplace des ensembles de propriétés élémentaires partiellement coïncidents par un ensemble de combinaisons de propriétés indépendantes. Les

propriétés élémentaires de départ peuvent être soit des valeurs externes associées aux indices (par exemple des hauteurs associées à des positions), soit des propriétés intrinsèques des indices (par exemple des périodicités). Dans le premier cas, les classes sont interprétables comme des ensembles distincts de *rencontres* de valeurs. Dans le second cas, la partition de cribles tend à engendrer des périodicités complexes à partir de périodicités élémentaires. Les deux

procédés sont applicables soit à des repères temporels, soit à des échelles de valeurs hors temps. Les classes de cribles obtenues peuvent être recombinaison librement par union ensembliste. Un petit logiciel nommé Partitions permet d'engendrer des partitions de cribles d'un niveau élevé de complexité, d'en recombinaison les éléments et d'en explorer les propriétés musicales, notamment par visualisation graphique.

Un autre logiciel, Manucycles, donne un catalogue complet des cycles équilibrés (Riotte, 1989, *op. cit.*) et calcule la plus longue chaîne de transformées d'un cycle sans répétition de série.

Extensions en cours

De nombreux enrichissements du Morphoscope sont envisagés. Certains ne relèvent que du confort d'utilisation ou d'améliorations spécifiques, d'autres sont plus structurels, ce seront les seuls évoqués ici. Dans son état actuel, le Morphoscope ne visualise que des relations à deux dimensions qu'il faut inspecter les unes après les autres. Cette limitation peut être levée par des méthodes empruntées à la génération de tableaux statistiques multi-dimensionnels qui permettent de parcourir un sous-ensemble de dimensions dans un ordre quelconque. Un autre type de limitation est lié à la surface restreinte des écrans d'ordinateurs, à laquelle on remédie classiquement par le déroulement dans une fenêtre. Mais d'autres solutions sont nécessaires pour permettre, par exemple, la vision simultanée de fragments éloignés dans une partition ou un "zooming" entre différents niveaux d'entités structurelles, de la surface à la grande forme.

Un type d'extensions d'un tout autre ordre est en cours d'expérimentation : il consiste à remplacer l'encodage classique de la partition, qui se fait note par note et signe par signe, par un assemblage d'entités moins primitives. Un tel assemblage est l'embryon d'une reconstruction de la partition par l'analyste et les informations qu'il véhicule sont en fait des éléments de modèle. On peut ainsi espérer rendre l'encodage plus utile et moins fastidieux.

A titre d'exemple, l'encodage des durées de notes peut s'effectuer par divisions du temps dans une mesure et non plus note par note, et le schéma rythmique ainsi créé est non seulement réutilisable directement lorsqu'il se répète, mais identifiable comme entité analytique significative. De même, les accords ou les arpegges peuvent être obtenus par des transformations d'échelles plutôt que par une énumération de notes.

Les outils qui gèrent ces assemblages sont en même temps des outils d'aide à la composition et s'orientent vers une sorte de super-traitement de texte musical. On voit ainsi se profiler la perspective d'un instrument réversible utile à la fois à l'analyse et à la composition, l'une et l'autre apparaissant comme deux faces complémentaires de l'activité du symbolisme musical. Les travaux auxquels il est fait référence ici poursuivent au niveau des entités symboliques un but similaire aux logiciels Max et PatchWork, mentionnés plus haut, ce qui suppose un système d'assemblage dans lequel toutes les entités graphiques sont munies d'une sémantique musicale intégrée. Il s'agit d'une typologie des opérations sur les entités musicales et non d'une théorie de la musique, elle signifie simplement que, lorsque deux entités sont assemblées, leur emploi musical est connu et qu'il en est de même pour l'entité qui résulte de l'assemblage.

Dans cette démarche, les choix de l'analyste ou du compositeur restent entiers à tous les niveaux, sans être assujettis à des théories ou à des algorithmes restrictifs ou particularisants. Cependant, rien n'interdit la constitution de bibliothèques d'algorithmes d'analyse ou de composition compatibles avec les entités utilisées, librement utilisables et ouvertes à l'enrichissement.

Visions futures

Qu'il s'agisse d'analyse ou de composition, la situation quasi générale fait intervenir un mélange de schémas organisés et de choix libres, sinon aléatoires, du moins non réductibles à une "logique". La nature des formalisations utilisées n'est pas indifférente à ce point de vue, car certains schémas sont plus restrictifs que d'autres et donc moins riches de possibilités, mais en revanche plus simples. C'est ainsi que les schémas hiérarchiques l'emportent souvent sur les schémas de relations multi-dimensionnelles, beaucoup plus riches, mais plus difficiles à maîtriser.

La liberté des choix s'exerce à plusieurs niveaux, de la surface musicale à la forme générale, mais elle n'est en aucun cas indépendante de la richesse combinatoire intrinsèque des schémas utilisés. La question des relations entre le sentiment esthétique, d'une part, et le dosage complexité/simplicité, d'autre part, est largement ouverte. Ce qu'on espère de la formalisation, c'est un meilleur contrôle des choix, mais il est certain que la part du hasard et de l'erreur est non seulement irréductible mais précieuse. La dimension de l'inconnu reste le plus formidable réservoir d'idées dont on puisse disposer. Ce qu'apporte l'informatique dans cette voie, c'est la possibilité d'une interaction plus efficace et plus étendue entre le compositeur et ce qu'il est en train de construire et de découvrir.

Il serait illusoire d'escompter qu'une seule et même articulation de pensée, donc de logiciels, puisse satisfaire à la fois aux besoins du compositeur et à ceux de l'analyste. Le formalisme lui-même, au plus grand bénéfice des deux partenaires, ne mène nullement à la fin du mystère, mais plutôt à son épaississement. Par exemple, l'espoir d'une réversibilité dans le couple composition-analyse est condamné par l'ambiguïté que créent les assemblages sans inverse: c'est le cas tout simple de la concaténation qui fait disparaître la frontière de deux segments parfaitement définie avant l'opération (on ne sait plus si ABA vient de A//BA ou de AB//A et, en général, on crée une situation indécidable - sauf si l'on choisit de laisser des traces). On pourrait donc admettre que l'assemblage de mots en soi "ouvre" l'imaginaire puisqu'il augmente les possibilités; c'est justement l'analyse qu'il limite.

Un système totalement réversible est donc fondamentalement inaccessible; on pourra simplement reculer les frontières du jeu en introduisant des opérations réversibles moins évidentes, ce qui suppose qu'on aura identifié au mieux ces catégories d'opérations.

Références

E. Amiot, "Mathématique et analyse musicale: une fécondation réciproque", in *Analyse musicale* n 28, Paris, 1992, pp. 37-41.

S. Arom, *Polyphonies et polyrythmies instrumentales d'Afrique Centrale: structure et méthodologie*, 2 Vol., Selaf, Paris, 1985.

M. Babbitt, "Set Structure as a Compositional Determinate", in *Journal of Music Theory* 5/1, 1961, pp. 72-94.

P. Barbaud, *Initiation à la composition musicale automatique*. Dunod, Paris, 1965.

P. Barbaud, *La musique, discipline scientifique*, Dunod, Paris, 1968.

M. Baroni, C. Jacoboni, *Proposal for a Grammar of Melody: the Bach Chorales*, Les Presses de l'université de Montréal, Montréal, 1978.

M. Baroni, R. Dalmonte, C. Jacoboni, "Une analyse formalisée des rapports hiérarchiques entre mélodie et harmonie : *Aria no 1, Cantata no 7 des Cantate e Canzonette a voce sola de Legrenzi*", in *Analyse*

Musicale no 20, Paris, 1990, pp.81-88.

D. Cope, *Computers and musical style*, Oxford University Press, Oxford, 1991.

D. Cope, "Computer Modelling of Musical Intelligence in EMI", in *Computer Music Journal*, Vol. 16, no 2, 1992.

K. Ebcioglu, *An Expert System for Harmonisation of Chorales in the Style of J.S. Bach*, University of Buffalo, 1986.

F. Escal, *Le Compositeur et ses modèles*, PUF, Paris, 1984.

A. Forte, *The Structure of Atonal Music*, Yale University Press, New Haven, 1973.

L.A. Hiller, L.M. Isaacson, *Experimental Music*, McGraw-Hill, New York, 1959.

R. Howatt, *Debussy in proportions*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983.

O.E. Laske, "Introduction to a Generative Theory of Music", in *Sonological Reports* 1, 103, 1975.

F. Lerdhal, R. Jackendoff, *A Generative Theory of Tonal Music*, MIT Press, Cambridge, 1983.

F.-B. Mache, *Musique, mythe, nature ou les dauphins d'Arion*, Klincksieck, Paris, 1983.

F.-B. Mache, "Itinéraires, L'itinéraire", in *La Revue musicale*, no 421-422-423-424, Paris, 1991, pp.145-151.

M. Mesnage, "Sur la modélisation des partitions musicales", in *Analyse musicale* no 22, Paris, 1991, pp.31-44.

M. Mesnage, A. Riotte, "Un modèle informatique d'une pièce de Stravinsky", in *Analyse musicale* no 10, Paris, 1988, pp. 51-67.

M. Mesnage, A. Riotte, "Les variations pour piano opus 27 d'Anton Webern", in *Analyse musicale* no 10, Paris, 1988, pp. 41-67.

M. Mesnage, A. Riotte, "L'invention à deux voix no 1, essai de modélisation informatique", in *Analyse musicale* no 22, Paris, 1991, pp. 46-66.

M. Mesnage, A. Riotte, "Un modèle informatique du 3^e Regard sur l'Enfant-Jésus d'Olivier Messiaen", in *Actes du colloque 1990: Musique et Assistance Informatique*, MIM, Marseille, 1992, pp. 186-209.

O. Messiaen, *Technique de mon langage musical*, Leduc, Paris, 1955.

R.D. Morris, *Composition with Pitch-Classes*, Yale University Press, 1987.

R. Morris, D. Starr, "The structure of all-interval series", in *Journal of Music Theory*, Vol. 18, 1974, pp.364-389.

J.-J. Nattiez, *Musicologie générale et sémiologie*, Ed. Christian Bourgois, Paris, 1987.

M. Philippot, "La musique et les machines", in *Cahiers d'étude de radio-télévision* no 27-28, Situation de la recherche, Flammarion, Paris, 1960.

J. Rahn, *Basic Atonal Theory*, MacMillan, New York, 1980.

A. Riotte, *Génération des cycles équilibrés*, rapport interne no 253, Euratom, Ispra, 1963.

- A. Riotte, "Il nanosecondo ben temperato", in *Rivista IBM*, Vol. 5 no 2, Milan, 1969, pp. 41-45.
- A. Riotte, "Anamorphoses : transcodages texte-musique ou le verbe défroqué", in *Actes du colloque de Saint-Hubert: Le récit et sa représentation*, Payot, Paris, 1978, pp. 150-158.
- A. Riotte, "Un modèle informatique pour la transformation continue de sons inharmoniques", in *Proceedings of 1984 International Computer Music Conference*, 1984.
- A. Riotte, "Modèles et métaphores : les formalismes et la musique", in *La musique et les sciences cognitives*, P. Mardaga, Liège, 1989, pp. 523-533.
- A. Riotte, "Formalisation des échelles de hauteurs en analyse et en composition", in *Actes du colloque 1990: Musique et Assistance Informatique*, MIM, Marseille, 1992, pp. 173-185.
- J.-C. Risset, "Musique, recherche, théorie, espace", in *InHarmoniques* no 8-9, Ircam, Paris, 1991, pp. 273-316.
- N. Ruwet, "Méthodes d'analyse en musicologie", in *Revue Belge de Musicologie*, 20, Bruxelles, 1966.
- H. Schenker, *Neue Musikalische Theorien und Phantasien III : Der Freie Satz*. 2 vol., Vienne, 1956, Free Composition, trad. 1979, Ecriture libre, trad. à paraître.
- L. Schnapper, "L'idée de modèle dans le principe de la chaconne", in *analyse musicale* no 22, Paris, 1991, pp. 79-86.
- B. Schottstædt, *Automatic Species Counterpoint*. CCRMA, Stanford, 1984.
- M. Stroppa, J. Duthen, "Une représentation de structures temporelles par synchronisation de pivots", in *Actes du colloque 1990 : Musique et Assistance Informatique*, MIM, Marseille, 1992, pp. 305-322.
- I. Xenakis, *Musiques formelles*, Richard-Masse, Paris, 1963.
- I. Xenakis, "Vers une Métamusique", in *La Nef* no 29, Paris, 1967, pp. 117-140.
-

Notes

1. Informaticien, professeur au DEA Musicologie du XXe siècle et au Coursus d'informatique musicale de l'Ircam, membre des Sociétés française et belge d'analyse musicale, collaborateur de l'université de Liège.
2. Compositeur, professeur au DEA Musicologie du XXe siècle et au Coursus d'informatique musicale de l'Ircam, membre du Comité de rédaction de la revue *Analyse musicale*, collaborateur de l'université de Liège.
3. Cf. Schnapper (1991).
4. Cf. A. Riotte (1978, 1984, 1989) et, plus récemment, le no 22 de la revue *Analyse musicale*, centré sur le thème analyse et modèles, en particulier M. Mesnage (1991). Dans l'ouvrage *Musique, mythe, nature*, de F.-B. Mâche (1983), le chapitre 5 développe sa conception du rôle du modèle.
5. Cf. R. Howatt (1983), qui montre des coïncidences troublantes dans l'oeuvre de Debussy.
6. Paradoxalement, Schoenberg a très peu analysé les styles atonal et sériel qu'il a fait naître, mais il a

livré de nombreux commentaires analytiques d'oeuvres tonales (principalement de Beethoven et de Brahms).

7. D'autres tentatives ont eu lieu mais sans succès, par exemple les codages analytiques introduits par Riemann à peu près à la même époque, et qui ne lui ont pas survécu.
8. Egalement utilisées en ethno-musicologie, expérimentation à l'appui, par S. Arom (1985).
9. Etudiés postérieurement aux Etats-Unis sous le nom de "all-interval series", cf. R. Morris, D. Starr (1974).
10. Il existe néanmoins un travail dans cette direction, cf. D. Cope (1991) et (1992).
11. A l'appui du contraire, cf. F. Escal (1984).
12. N. Ruwet avait bien perçu cette limitation de la syntaxe au sens linguistique, il conclut son article cité ci-dessus en disant: "La conséquence de tout ceci est, comme on a pu le constater, qu'il est impossible de représenter la structure d'une pièce musicale par un schéma unique". Par schéma, il entend "série d'emboîtements", c'est-à-dire structure syntaxique hiérarchisée. Le schéma de type relationnel, introduit en informatique quelque dix ans après l'article de Ruwet et repris dans le Morphoscope, transcende cet obstacle.
13. Par opposition au codage d'Allen Forte, actuellement le plus répandu et qui nécessite le recours à un catalogue.
14. Par exemple, les modes à transpositions limitées sont des assemblages de polygones réguliers, mais le contour permet un repérage facile des relations de symétrie qui ne sont pas évidentes; il suffit de prendre l'exemple de la septième de dominante et de l'accord de Tristan (E. Amiot, 1992), et plus généralement des relations dites d'isométrie (conservation de l'ensemble des intervalles).
15. Cf. M. Stroppa, J. Duthen (1992).
16. L'addition se définit sans peine sur cet ensemble, mais pas la soustraction; l'addition n'a par ailleurs pas d'usage sémantique lorsqu'on utilise les nombres exclusivement comme indices de repérage.