

kanthume : un projet d'analyse analogique
suivant un modèle cognitif d'induction

Olivier LARTILLOT

18 décembre 2001

Résumé Les techniques actuelles d'analyse musicale ne permettent pas encore de rendre compte de manière approfondie des multiples phénomènes décelés par une simple écoute attentive. Des approches musicologiques, en particulier l'analyse thématique de Rudolph RETI, ont proposé des études minutieuses intégrant la complexité motivique. Cependant la mise en œuvre de ces démarches n'a pas été exprimée dans un cadre scientifique, c'est-à-dire de manière explicite et systématique. Certes, l'analyse paradigmatique a permis un progrès significatif de l'analyse motivique, cependant l'approche linguistique impose une vision du phénomène musical à travers les ornières métaphoriques de la langue naturelle. Elle introduit toutefois un concept important, une articulation essentielle du processus analytique, le principe de la répétition, ou plus généralement de l'analogie. Une méthode systématique d'analyse musicale doit mettre en œuvre de manière explicite une démarche de détection d'analogie.

En outre, la musicologie ne peut se prévaloir de son statut de science que si elle garantit l'objectivité de ses méthodes. Or, l'analyse thématique trahit l'esthétique très personnelle et peu partagée de Rudolph RETI. De même une analyse paradigmatique nécessite au préalable une délimitation subjective des paramètres pris en compte lors de la recherche des répétitions. Cet épineux problème ne pourra être résolu que lorsque l'on aura étudié les mécanismes selon lesquels ces inductions sont procédées. Depuis des siècles, il a été tenté des investigations philosophiques et scientifiques du phénomène de l'induction. Un élément de réponse particulièrement prometteur nous est proposé par les sciences cognitives. Celles-ci ont en effet suggéré des modélisations assez détaillées des mécanismes inductifs, qui ont déjà été l'objet de simulations informatiques, et remettent d'ailleurs en cause les fondements de la tripartition sémiologique.

Une telle méthodologie d'analyse musicale systématique, qui procéderait par des inductions automatiques d'analogies suivant un modèle cognitif, offrirait un nouvel outil d'un intérêt considérable pour le musicologue. Du langage musical, il serait alors possible de déceler les sources motiviques élémentaires, de suivre leurs moindres évolutions, leurs développements, de tisser un réseau de correspondance, et d'en dégager une structure formelle complexe. L'utilisation de l'informatique permettrait une mise en œuvre combinatoire de ces principes, une analyse infiniment minutieuse, dont la représentation finale pourra être consultée de manière dynamique selon une multitude de points de vue.

Introduction La question centrale autour de laquelle se sont articulées les interventions de ce colloque — « *Peut-on parler d'art avec les outils de la science ?* » — semblerait exprimer un sentiment partagé de découragement et une volonté de remise en cause d'un idéal positiviste sur son déclin. Cette question renferme en fait deux problématiques indépendantes, qu'il serait bon de distinguer, chacune

renvoyant à l'un des deux protagonistes en jeu : l'art et la science. La première question implicite est : « *Peut-on parler d'art ?* » ou plus précisément : quel est l'intérêt de la démarche musicologique et peut-on en entrevoir des améliorations ? Cette question a été traitée en particulier lors de l'intervention de Jean-Jacques NATTIEZ. La seconde question a trait aux « *outils de la science* ». La méthodologie scientifique peut-elle enrichir la démarche musicologique ? Yizhak SADAÏ pose le problème, se déclare plutôt pessimiste, mais entrevoit toutefois de possibles axes de progrès. Une réponse à la problématique générale se doit de s'attarder tout d'abord sur la première question et se demander si un progrès de la méthodologie musicologique est possible. Dans ce cas, il s'agirait alors d'évaluer, dans un deuxième temps, l'intérêt de l'intervention de la science. Une fois vérifié le bien-fondé d'un tel projet musicologique et scientifique, il resterait alors à définir les grandes lignes de ce projet et à imaginer la réalisation effective. C'est une telle démarche que cet article se propose d'esquisser.

1 Vers une analyse analogique

1.1 La situation actuelle

Certains estiment que l'analyse musicale est parvenue à un degré de sophistication qu'il serait difficile — voire vain — de dépasser. On dispose désormais d'un ensemble varié de méthodes d'analyse — harmoniques, formelles, schenkeriennes, sémiologiques, etc. — qui offre une multitude de points de vue complémentaires cernant efficacement le phénomène musical. Cet avis est ainsi partagé par Nicholas COOK¹ :

Je ne vois pas le mérite intrinsèque d'un développement de méthodes analytiques encore plus rigoureuses et plus sophistiquées : bien qu'il subsiste des zones d'ombre — la musique ancienne en particulier, je pense que les techniques analytiques actuelles sont en général satisfaisantes.

L'analyse musicale ayant épuisé l'étendue de ses ressources, le langage musical ayant été décortiqué autant qu'il pouvait l'être, un enrichissement du regard musicologique nécessiterait, selon certains, un élargissement du point de vue, non plus limité simplement à la musique elle-même mais au contexte historique, sociologique, politique, etc. Cette remise en cause, par de grands spécialistes de l'analyse musicale, de la spécificité originelle de cette discipline exprime assez clairement cet état de crise.

¹[2], p. 3. Traduction personnelle.

Toutefois, les techniques actuelles semblent bien limitées relativement à notre écoute musicale, capable quant à elle de déceler une multitude de détails perçus de manière plus ou moins consciente. Ne pourrait-on pas imaginer une analyse musicale capable de rendre compte de l'œuvre musicale dans toute sa richesse, du détail motivique au schéma formel ?

1.2 L'analyse thématique de Rudolph RETI

Pourtant, cet idéal d'analyse musicale exhaustive a déjà été imaginé jadis, notamment par Rudolph RETI² :

L'architecture d'une œuvre doit être comprise comme étant le résultat d'un processus varié mais entièrement élastique, reflétant l'inspiration constamment en mouvement du compositeur. Et le véritable dynamisme structurel d'une composition, sa « forme » au sens le plus fort du terme, ne peut être conçue que *par la compréhension, en un mouvement concerté, des groupes et proportions du façonnement extérieur d'une part, et de l'évolution thématique d'autre part.*

L'attention de RETI se porte tout particulièrement sur le deuxième point, l'évolution thématique. Le concept de thème ne doit pas être compris dans son sens traditionnel de phrase musicale caractérisant une pièce ou une section d'une pièce. Le thème désigne ici les cellules élémentaires qui constituent les motifs musicaux. Par évolution thématique, RETI entend donc l'évolution détaillée du matériau musical au niveau microscopique. C'est en ce sens que l'approche de RETI est novatrice³, car, contrairement aux approches antérieures ou contemporaines, elle ne cherche pas à simplifier la musique, à l'exprimer de manière schématique dans un langage théorique ou à la réduire en un processus élémentaire. Au contraire, elle s'évertue à mettre en correspondance les éléments de base entre eux au sein d'un réseau permettant ensuite de dégager la forme globale de la pièce. RETI ne s'est pas contenté d'énoncer sa théorie de manière abstraite, il l'a appliquée, avec brio, dans l'analyse de grandes œuvres du répertoire classique. C'est en procédant à des analyses très minutieuses d'œuvres de BEETHOVEN que RETI a progressivement mis en place sa méthodologie.

Malgré tout, son approche a levé un certain nombre de critiques.

- Ses analyses s'étendent rarement à la totalité de l'œuvre considérée. Les motifs importants sont scrutés en détail, mais les phases de développement ne bénéficient pas de la même attention. Cela se comprend aisément, eu

²[12], p. 114. Traduction personnelle. Les italiques proviennent du texte original.

³Cette démarche semble être influencée par la style motivique de SCHOENBERG, dont RETI était un élève.

égard à l'effort nécessaire pour entreprendre cette tâche particulièrement laborieuse et à l'aspect fatalement rébarbatif d'une telle description.

L'analyse motivique dégénère facilement en un exercice purement mécanique durant lequel la partition est analysée sans être vraiment lue [...] L'analyse motivique incline à suggérer que la musique est une sorte de message compliqué et que la seule façon de découvrir le code secret consiste à observer suffisamment longtemps la partition.⁴

C'est ici que l'on commence à entrevoir l'intérêt de l'informatique, soulageant le scientifique des tâches répétitives et offrant de surcroît un outil permettant une visualisation graphique et dynamique des représentations musicales.

- Une critique plus virulente concerne le manque d'impartialité de cette approche. RETI choisit librement les éléments qui l'intéressent et délaisse ceux qui n'entrent pas dans son optique. Pour que cette démarche puisse être qualifiée d'objective, elle doit fournir le même résultat quelle que soit la personne qui l'entreprend. Or les analyses de RETI sont empreintes d'une esthétique tout à fait particulière, personnelle et pesante, qui a déteint sur la méthodologie elle-même. En effet, RETI considérait que la « grande musique », celle des grands compositeurs classiques et romantiques, répondait à certains principes architecturaux fondamentaux : dans une œuvre, dans chacun de ses mouvements, les thèmes développent tous le même principe thématique, même lorsque ces thèmes sont censés être contrastants. De plus, la forme globale de l'œuvre et de ses mouvements répète à plus large échelle le principe thématique de base.

L'approche de RETI, bien que prometteuse, ne semble pas avoir connu de développements ultérieurs significatifs. L'aspect laborieux de la démarche a dû en décourager plus d'un. Deux points posent donc problème : la complexité de la tâche et le manque d'objectivité. Pour ce qui est du premier point, l'aide de l'informatique ne peut être possible qu'une fois que l'on a réussi à formaliser explicitement le mécanisme d'analyse proposé par RETI. C'est justement ce mécanisme de base qui pose problème. Avant de tenter de résoudre cette difficulté, il serait bon de poursuivre notre bref tour d'horizon des techniques d'analyses musicales, et nous pencher en particulier sur les approches contemporaines.

1.3 L'approche « implication / réalisation »

La théorie musicale de Leonard B. MEYER [9], reprise ensuite par Eugene NARMOUR, peut être aujourd'hui considérée comme une des premières avan-

⁴[2], p. 114.

cées de la musicologie dans le territoire des sciences cognitives. La démarche de MEYER prend ses racines dans une théorie contemporaine issue de la psychologie : la théorie de l'émotion. Celle-ci met en évidence les attentes et les frustrations occupant en permanence l'esprit, conscient de son environnement et prévoyant en permanence l'évolution future à partir des situations *analogues* mémorisées. Selon MEYER, il en est de même lors de l'écoute musicale. Il montre en particulier que l'écoute est particulièrement active et guidée par la prédiction des prolongements des motifs en cours de réalisation. Cette prédiction est d'autant plus forte que les motifs sont bien formés et récurrents au cours de l'œuvre. C'est une telle approche de l'analyse musicale que nous souhaiterions développer, en nous inspirant des avancées récentes de la psychologie cognitive.

1.4 L'analyse paradigmatique

L'essor, au cours du XX^{ème} siècle, de nouveaux domaines scientifiques a offert aux sciences humaines un attirail méthodologique permettant une construction systématique, explicite et rationnelle des connaissances. Deux disciplines scientifiques, la linguistique et les mathématiques⁵, ont connu un retentissement particulier chez les musicologues. L'adaptation de la linguistique dans un cadre musical s'est concrétisée sous la forme d'une fameuse théorie initiée par Nicolas RUWET : l'analyse paradigmatique. Cette méthodologie s'inspire largement de l'approche du linguiste Roman JAKOBSON centrée sur le paradigme de répétition. Une recherche de répétitions, strictes ou variées, au sein du texte musical considéré, permet de dégager des motifs qui feront ensuite l'objet d'une décomposition selon ces mêmes principes, et, inversement, d'une intégration au sein de structure plus large, suivant, une fois encore, une logique basée sur la répétition.

Cette approche systématique permet une analyse détaillée du langage musical, aussi bien du point de vue du détail motivique que de la forme générale de la pièce, et offrirait donc un élément de réponse à la question de l'explicitation du processus analytique mis en œuvre dans l'approche suggérée par Rudolph RETI, élément de réponse qui se résume ainsi : les motifs sont décelés par la répétition. Cependant, malgré ses apparences algorithmiques, cette méthodologie ne permet pas une analyse objective, et reste soumise aux choix de l'analyste quant à la détermination des paramètres pris en compte et à la découverte de ces répétitions variées. Jean-Jacques NATTIEZ précise à ce sujet⁶ :

Les procédures de RUWET ne sont certainement pas assez explicites et formalisées pour que l'ordinateur puisse faire le travail à notre

⁵L'apport des mathématiques dans un cadre analytique ne pourra, faute de place, être évoqué ici. Voir note n° 12.

⁶[11], p. 253-254.

place. Il n'y a plus personne pour croire qu'une procédure algorithmique (un programme de reconnaissance) puisse effectuer une analyse linguistique ; il en va de même en musique.

La métaphore linguistique a permis un progrès musicologique, mais impose un point de vue particulièrement réducteur du phénomène musical. D'une part, la langue parlée est foncièrement monodique. Certes, un nombre important de paramètres – intonation, articulation, souffle, etc. – évoluent de manière indépendante au cours de la phonation ; leur nombre restreint et figé assure cependant au langage un caractère monodimensionnel. La musique, en revanche, lorsqu'elle se développe pleinement dans une étendue polyphonique, configuration particulièrement négligée par les analyses paradigmatiques⁷, ne se plie pas à de telles analyses⁸. D'autre part, la linguistique considère le langage sous la forme d'un ensemble de paradigmes figés se développant le long d'un axe syntagmatique. N'est-ce pas le propre de la musique, notamment dans le cadre du *développement* musical, d'instaurer un dynamisme du lexique paradigmatique ? La dramaturgie conventionnelle d'une œuvre musicale invoque traditionnellement une mise en place progressive des éléments paradigmatiques et une évolution de ceux-ci, événements qui ne peuvent être appréhendés sainement sans leur mise en relation avec l'axe syntagmatique. Des deux points précédents, il en ressort qu'il est nécessaire de généraliser l'analyse paradigmatique, d'éclater le mode de représentation traditionnel ancré dans une représentation monodimensionnelle de l'axe syntagmatique et une configuration statique de l'axe paradigmatique. C'est alors que nous voyons poindre à l'horizon l'idéal que Rudolph RETI avait imaginé : celui d'une analyse exhaustive et détaillée du phénomène musical et de ses évolutions thématiques.

1.5 La sémiologie musicale

L'analyse paradigmatique a été intégrée au sein d'une sémiologie musicale, qui fonde la musique sous la forme d'un système de signes, pour en arriver à la tripartition poétique / niveau neutre / esthétique. Dans cette architecture, l'analyse paradigmatique prendrait la place d'analyse du niveau neutre, c'est-à-dire parmi les outils « *exploités systématiquement jusqu'à leurs ultimes conséquences* » et

⁷Il est vrai que NATTIEZ s'est attaqué, lors de son analyse de l'*Intermezzo op. 119 n° 3* de BRAHMS ([11], p. 297-330) à une musique à deux voies indépendantes. Mais, ici encore, les voies sont nettement distinguées, et non pas imbriquées dans une trame complexe.

⁸Nous avons été confronté à un problème similaire, lorsque nous avons établi une méthodologie musicale non pas fondée sur la linguistique, mais sur la théorie de l'information [1]. Il existe un grand nombre de points communs entre ces deux disciplines, la seconde systématisant de manière plus radicale et systématique les concepts présentés dans la première. La solution choisie pour contourner ce problème a été de sectionner verticalement le discours polyphonique en tranches temporelles [7].

qui « ne sont remplacés que lorsque de nouvelles hypothèses ou de nouvelles difficultés conduisent à en proposer de nouveaux »⁹. Le niveau neutre n'est donc pas réellement *neutre* puisqu'il fait appel à des hypothèses de travail. Ce qui la caractérise correspond plutôt à une problématique d'objectivité que de neutralité. De plus, l'analyse paradigmatique ne satisfait pas réellement ces contraintes puisque — NATTIEZ, nous l'avons vu, le reconnaît lui-même — d'une part, l'analyse paradigmatique est une procédure non-algorithmique ; et d'autre part, les importantes zones d'ombres à la merci de l'analyste remettent en cause la nature objective des résultats.

Quelle serait donc la différence fondamentale entre niveau neutre et niveau esthésique ? Selon Nattiez¹⁰,

L'analyse, par définition, est *analytique* ; la perception est *synthétique*. Lorsque j'essaie de caractériser ce que j'ai entendu, je fais un choix parmi les innombrables faits sonores qui frappent mes oreilles. [...] On perçoit en fonction de son expérience, d'où la subjectivité et la difficulté de l'analyse auditive. Il faut tourner le dos aux approches introspectives, pour développer des recherches expérimentales, même très limitées.

Essayer de caractériser ce que l'on a entendu, ce n'est plus percevoir, mais analyser. La perception, dans toute sa grandeur, consiste en un important flot de raisonnements subcognitifs élémentaires, dont il est en effet peu aisé d'en expliciter les résultats. D'autre part, une analyse du niveau neutre, faisant appel à des hypothèses *a priori* — trahissant une certaine forme d'expérience et d'introspection de la part de l'analyste — effectue elle aussi un choix. La différence entre un niveau neutre et niveau esthésique semblerait donc être une différence entre analyse explicite et analyse implicite.

Les sciences cognitives — nous y reviendrons — proposent une modélisation des mécanismes psychologiques, par l'intermédiaire d'une méthodologie scientifique appliquée à la psychologie, conférant ainsi à ces modélisations un caractère objectif. Dans une problématique d'analyse musicale, une telle approche, appliquant de manière systématique un modèle formel rendant compte de manière explicite des mécanismes perceptifs dans leur totalité, comble le fossé subsistant entre niveau neutre et niveau esthésique. Une telle vision de l'analyse musicale, si elle est réalisable, remettrait donc en cause les fondements même de la tripartition.

⁹[11], p. 54-55. Les italiques proviennent de l'original.

¹⁰*Ibid.*, p. 73-74.

1.6 Une analyse analogique

Malgré ses limitations, l'analyse paradigmatique nous permet de suggérer, comme nous l'avons constaté, un élément de réponse possible, quant au mécanisme fondamental d'analyse sous-jacent à la méthodologie de Rudolph RETI : la détection de répétitions variées. Il est maintenant nécessaire de préciser ce que signifie cette possible variation de la répétition. Pour quelles raisons une variation peut-elle être assimilée à son original ? Comment peut-on mener à bien cette recherche ? Cette problématique a été exprimée de manière générale et philosophique sous la forme du problème de l'analogie. Une analogie est une mise en relation de deux idées selon un critère de ressemblance, qu'elle soit apparente, structurelle, fonctionnelle, etc., et qui confère à ces deux idées un attribut d'appartenance à une même entité supérieure. Ce phénomène a suscité de nombreux questionnements philosophiques. Les sciences cognitives ont suggéré l'idée qu'il existerait dans notre système cognitif un mécanisme permettant d'appréhender l'analogie — voire que ce mécanisme constituerait un moteur essentiel [13] de nos processus de compréhension, et donc, en ce qui nous concerne, de l'analyse musicale.

Une systématisation de ce mécanisme de l'analogie permettrait alors une avancée décisive de l'analyse musicale. Il serait alors possible de déceler toutes les sources motiviques, l'exhaustivité de leurs développements au cours de l'œuvre, de tisser un vaste réseau de correspondance entre tous ces motifs, de dégager, par la suite, l'architecture globale de la pièce. L'apport de l'ordinateur permettrait une minutie et une exhaustivité de l'opération, ainsi qu'une représentation dynamique du résultat de cette analyse¹¹, dont la combinatoire ne peut être saisie dans sa globalité par l'esprit humain.

Il faudrait alors affronter de nouveau la question restée en suspens : peut-on assurer une impartialité de la mise en œuvre du processus, une objectivité des résultats — ou plutôt, en reformulant de manière un peu osée ce que nous avons suggéré auparavant, une « objectivité de la nécessaire subjectivité » ? Suivons alors la démarche de Nicolas RUWET et de la sémiologie musicale : tentons, nous aussi, de nous inspirer des avancées scientifiques contemporaines pour répondre à nos questions.

¹¹Nous pourrions alors nous inspirer par exemple de la démarche du *Morphoscope* [8] visant à une formalisation des éléments structurant le discours d'une œuvre musicale et une visualisation graphique de ces éléments.

2 L'approche inductive

La réflexion musicologique précédente a permis de mettre à jour un mécanisme essentiel du raisonnement : l'analogie. Notre seconde investigation, concernant l'explicitation de la procédure analytique, introduit un autre concept fondamental. Reformulons le problème : une analyse consiste en une création de nouvelles connaissances – une *inférence* – à partir de la considération d'un phénomène qui se présente de manière brute. En un mot, il s'agit de l'*induction*, dans son acception la plus générale¹².

Dès l'Antiquité, l'induction a connu une investigation d'ordre épistémologique. ARISTOTE, en particulier, a intégré ce mécanisme au sein de sa syllogistique, comme une sorte de renversement du processus déductif, ce qui nécessite au préalable des capacités psychologiques particulières sur lesquelles l'induction peut se greffer.

C'est David HUME qui, le premier, a énoncé le problème de l'induction, notamment son fondement épistémologique [4]. Il y répond de manière très intéressante en définissant un principe fondamental d'accoutumance. Pour cela, l'imagination humaine, aux capacités illimitées selon HUME, génère un nombre considérable d'hypothèses dont quelques-unes seulement obtiendront un degré de croyance suffisant pour être pris en considération. L'induction ne se fonderait alors « en aucun cas » sur « des raisonnements *a priori* », mais simplement par une saisie par l'esprit du phénomène, guidée par l'imagination.

Emmanuel KANT démontre l'impossibilité d'un tel dispositif, si l'imagination n'est pas, elle-même, soumise à des principes foncièrement *a priori* et guidée par des catégories, c'est-à-dire des représentations également *a priori*. Il introduit alors un « *schème transcendantal* », « *représentation médiatisante* »¹³ permettant d'articuler le versant intellectuel du versant sensible.

La science cognitive, point de jonction entre psychologie expérimentale, philosophie des connaissances et informatique, se propose d'établir un modèle de fonctionnement de l'esprit humain qui puisse mettre en évidence les différents mécanismes cognitifs qui nous permettent de penser et d'agir. La première discipline impliquée dans ce projet, la psychologie cognitive, cherche à constituer des modèles cognitifs par le biais d'expérimentations scientifiques. Elle tente d'explicitier la représentation des connaissances dans notre esprit, de décrire les mécanismes de perception, de reconnaissance, de remémoration, d'attention, de conscience,

¹²Dans un autre article [6], nous développons cette idée, en nous attachant en particulier à définir clairement l'ensemble des concepts sous-entendus par la terminologie d'induction et à retracer l'historique des recherches philosophiques et scientifiques sur ce sujet, pour en arriver à l'approche cognitive, vraisemblablement la plus prometteuse. Sont également mentionnés les liens étroits entre analogie et induction.

¹³[5], p. 224-225.

de compréhension et élaboration de langage, de catégorisation, de décision, de créativité, etc.¹⁴

L'étude cognitive de l'induction qui a fait date est celle d'un collectif de chercheurs en psychologie expérimentale, en informatique et en philosophie des sciences : John H. HOLLAND, Keith J. HOLYOAK, Richard E. NISBETT et Paul R. THAGARD. Les vues traditionnelles issues de la logique représentent la connaissance sous forme de prédicats exprimés de manière linguistique. A l'opposé, les sciences cognitives posent une représentations des connaissances sous forme d'un réseau complexe de concepts, reliés les uns aux autres par différents types de connexions : c'est le *modèle mental*. Voici comment ce collectif de quatre chercheurs résume sa théorie de l'induction¹⁵ :

Selon notre point de vue, les systèmes cognitifs modélisent en permanence leur environnement, en insistant sur les aspects locaux qui font obstacle à l'accomplissement des objectifs en cours. Il est préférable d'envisager les modèles comme des assemblages de lois synchroniques et diachroniques organisées au sein de hiérarchies par défaut et regroupées en catégories. Les lois constituant ce modèle interagissent, en accord avec un principe de parallélisme limité, suivant un double mécanisme de compétition et de corroboration. La réalisation d'un objectif dépend souvent en partie d'une recatégorisation flexible de l'environnement combiné avec l'établissement de nouvelles lois. Les nouvelles lois sont engendrées suivant des conditions de déclenchement, la plupart peuvent être considérées comme des réponses au succès ou à l'échec des prédictions déterminées par le modèle courant.

À cette théorie s'ajoutent cinq affirmations importantes :

1. Une grande partie des inférences provient de compétitions entre lois et de la génération de nouvelles lois résultant de ces compétitions.
2. La variabilité des phénomènes est représentée explicitement dans le système cognitif et est utilisée par les mécanismes d'inférence.
3. Beaucoup de lois et de catégories sont générales et abstraites, et peuvent donc être appliquées à tout domaine, en particulier, pour ce qui nous concerne, au domaine musical.

¹⁴Certaines recherches en psychologie cognitive, telles celles de l'équipe Perception et Cognition Musicales dirigée par Stephen MCADAMS à l'Ircam, se concentrent tout particulièrement sur les mécanismes liés à la perception acoustique et musicale. Notre problématique d'analyse musicale peut en fait être généralisée à toute forme de perception temporelle (la danse, la vidéo), mais également à toute perception de phénomènes complexes. Les mécanismes cognitifs mis en jeu lors de l'analyse musicale sont donc en fait des mécanismes inductifs tout à fait généraux.

¹⁵[3], p. 343–346, traduction personnelle.

4. L'acquisition de nouvelles connaissances ne peut être envisagée qu'en tenant compte des connaissances déjà en possession.
5. Enfin, l'induction est un processus remarquablement flexible. De nouvelles informations sont emmagasinées de manière régulière et flexible. Les modèles sont engendrés (et abandonnés) sans difficulté.

L'approche cognitive du mécanisme inductif doit beaucoup au principe humain d'accoutumance, d'habitude, soutenu par une vision de l'entendement en proie à une imagination foisonnante et éparse. Mais pour qu'une telle conception puisse être formalisée de manière explicite, il est alors nécessaire de mettre en place un mécanisme kantien *a priori*. Il a été tenté des applications informatiques des modélisations cognitives des mécanismes d'induction, permettant, par exemple, une simulation de processus d'apprentissage voire même de découvertes scientifiques. Ces systèmes se heurtent à un problème de représentation des connaissances et de détermination des connaissances de base. Une adaptation de ces principes dans un contexte musical – se prêtant mieux à une systématisation¹⁶ – pourrait résoudre cette difficulté.

3 Le projet *kanthume*

Notre tour d'horizon des méthodologies musicologiques a mis en évidence le rôle fondamental que joue l'analogie comme mécanisme élémentaire de la compréhension musicale, ainsi que la nécessité de réintégrer le sujet au sein de la problématique de l'analyse musicale. L'approche cognitive permet alors d'assurer l'objectivité de cette démarche, et offre un cadre systématique ouvert à la modélisation informatique. À la lumière de ces conclusions, nous nous proposons donc de mettre en œuvre un logiciel capable de procéder à de telles analyses. Ce projet, intitulé *kanthume*¹⁷, se présentant actuellement sous un état encore embryonnaire, se limite à des considérations d'ordre générales. Ce système se présenterait sous la forme d'un logiciel auquel on fournit une partition musicale¹⁸, proposant ensuite une analyse détaillée qui pourra être représentée selon divers points de vue. Le réseau de connaissances serait mis en œuvre, suivant l'idée de

¹⁶Si l'on fait toutefois abstraction de toute sémantique musicale.

¹⁷*kanthume* est une concaténation de KANT et HUME. L'ordre choisi, en partie pour un souci d'euphonie, représente de manière métaphorique le fait que la démarche de KANT se situe a priori par rapport à celle de HUME. Une présentation à jour de ces recherches est disponible sur l'internet à l'adresse : www.ircam.fr/equipes/repmus/lartillot

¹⁸Il existe des standards d'encodage de partitions musicales (SMDL, NIFF, DARMS, GUIDO, etc.) mais on pourra se contenter de la représentation MIDI dans un premier stade de développement. D'autre part, une fois que les techniques de descriptions automatiques des fichiers sonores auront été développées, il pourra même être envisagé de procéder à des analyses de musiques électro-acoustiques.

The image shows a musical score for two staves. The top staff is in treble clef and the bottom in bass clef. The music is in 4/4 time. Measures are numbered 1 to 34. Below the staves, there are various annotations and brackets. The annotations include 'a1' through 'a8', 'b1', 'b1'', 'b2', 'b2'', 'b3', 'b4', 'b5', 'b6', 'b7', 'b8', 'c1', 'c2', 'c2', 'c2', 'f', and 'f'. The brackets indicate groupings of notes or measures.

HOLLAND et associés, sous la forme d'un modèle mental, dans lequel seraient représentés de manière préalable à l'analyse les concepts *a priori* énonçant les mécanismes cognitifs de base. La partition à analyser peut être envisagée de manière incrémentale, par un parcours chronologique de son étendue temporelle. Chaque nouveau phénomène rencontré sera pris en compte par le système inductif. Le système s'évertuera à expliquer le phénomène rencontré par une mise en relation, par l'intermédiaire d'analogies, avec des connaissances déjà acquises. Toute entité cernée par l'analogie — un *analogue*, donc — est alors répertoriée par le système comme motif musical significatif. De même, la succession de ces analogues forme un autre motif. L'imbrication de ces organisations permettra alors un mécanisme d'attente, suivant exactement le principe de MEYER, que déclenchera toute perception ultérieure du motif imbriqué, de la réalisation du motif imbriquant. Suivant le principe de HUME, l'imagination très active du système permet la génération de nombreuses hypothèses à travers le réseau de connaissances, contrainte par des mécanismes régulateurs *a priori*. L'important parallélisme du modèle mental s'étend aux mécanismes de perception : les diverses caractéristiques des événements musicaux perçus (les hauteurs, les intervalles, les durées, etc.) sont envisagées de manière simultanée par le système. Aux considérations cognitives générales sont ajoutés des mécanismes spécifiques à l'audition, issus d'études psychoacoustiques.

Nous nous proposons de détailler ce système inductif en considérant directement un exemple d'analyse musical. Imaginons donc le comportement du système face aux premières mesures — réduite pour deux portées — de la symphonie n° 5 de Ludwig VAN BEETHOVEN¹⁹ (*cf.* figure).

- *Instant n° 1* : Le module de perception des intervalles met immédiatement en évidence l'équivalence de hauteur de ces trois premières notes. S'installe donc une analogie immédiate entre ces trois notes.
- *Instant n° 2* : Un module compare systématiquement l'ensemble des notes

¹⁹Cette analyse pourra être comparée à celle proposée par Marvin Minsky [10], suivant également une démarche d'intelligence artificielle.

jouées — ainsi que l'intervalle avec les notes précédentes — avec toutes les autres configurations rencontrées auparavant, aux transpositions près²⁰. Il décèlera alors ici la similitude exacte — un cas extrême d'analogie — de cet accord avec l'accord précédent, créant un motif de deux accords.

- *Instant n° 3* : L'analogie entre l'accord de l'instant n° 2 et le premier élément du motif de deux accords engendre, comme expliqué auparavant, une attente de l'achèvement de ce motif, c'est-à-dire une réplique de cet accord. C'est pourquoi la réalisation effective de cette attente — nouvelle analogie entre ces deux mêmes motifs imbriqués — conforte cette hypothèse, renforçant alors la pertinence de ce motif de deux accords et met en évidence cette répétition des trois accords en un motif *a1*.
- *Instant n° 4* : Pour ces mêmes raisons, le système attend, sans succès, une réplique du même accord. Mais le module de comparaison met en évidence l'exacte similitude de cet accord à une transposition près. Est également mise en évidence la dissimilitude de la durée de cet accord.
- *Instant n° 5* : Le silence contribue à l'émergence des quatre premiers accords en un motif *b1*, dont une extension *b1'* inclut ce silence conclusif.
- *Instant n° 6* : L'accord reste similaire aux précédents à une transposition près. Une analogie est tissée entre cet accord et les accords 1 à 3 au moyen de la similitude de durée. Pour cette raison, se crée une attente de la réalisation du motif *a1* (noté ici *a2*), que le système généralise à toute transposition.
- *Instants n° 7 et 8* : La réalisation effective est conforme aux attentes.
- *Instant n° 9* : Le motif *a1* étant imbriqué dans le motif *b1*, il se crée une attente de la réalisation de ce dernier. Ou plus précisément, plusieurs attentes sont envisagées : soit l'accord de l'instant n° 4 tel quel, soit sa transposition au contexte actuel. L'accord réel concorde avec cette deuxième hypothèse, mais pas exactement : l'intervalle avec l'accord précédent est plus court d'un demi-ton (une tierce mineure au lieu d'une majeure, mais l'ordinateur ne la sait pas). Le système s'évertuera alors à expliquer *a posteriori*, par l'analyse de la suite de la partition, cette asymétrie d'intervalle, ainsi que celle de durée.
- *Instant n° 10* : Le silence conclusif attendu par le motif *b1'* est bien respecté. L'analogie entre l'ancien motif *b1'* et ce nouveau motif *b2'* induit un nouveau motif *c1* concaténant *b1'* et *b2'*.
- *Instant n° 11* : La structure, réduite à une note, diffère de tous les accords précédents, cependant le module de comparaison reconnaît le sol des ac-

²⁰Une modélisation humaine tiendrait compte des limitations de notre mémoire, et ne considérerait alors que les événements musicaux les plus récents ainsi que les plus redondants ou ceux qui ont contribué à des motifs analogiques. Cette limitation sera également imposée si les capacités de mémoire informatique sont épuisées.

- cords des instants n° 1 à 3. Le système déduit alors logiquement la restriction des motifs $a1$ et $b1$ dans ce nouveau contexte, et induit une attente de ces motifs.
- *Instants n° 12 à 14* : L'attente a été satisfaite, mais une nouvelle note, le *do*, n'entre dans aucun schéma explicatif existant.
 - *Instant n° 15* : L'accord précédent perdure, ce qui peut vouloir dire que le motif $b1$ (ici noté $b3$, et induisant une attente de la réalisation d'un motif général $c2$) n'est pas encore clos. Mais une autre nouvelle note, le *la b*, entretient la surprise.
 - *Instant n° 16* : La nouvelle note est répétée. Est induite alors l'analogie entre cette répétition et celle qui inaugure le motif $a1$, ainsi que l'attente correspondante.
 - *Instant n° 17* : L'analogie avec le motif $a1$ semble correcte, elle peut s'étendre de manière hypothétique au motif $b1$.
 - *Instant n° 18* : Cette deuxième analogie est partiellement vérifiée, l'intervalle se réduisant à une seconde diminuée. Encore un phénomène à expliquer, tout en notant au passage que la nouvelle note est une note déjà rencontrée. Nous avons affaire à un motif $b4$. Une hypothèse propose de rassembler les motifs $b3$ et $b4$ en un motif $c2$, mais le non-achèvement de la dernière note de $b3$ met en doute cette idée. On peut considérer cette imbrication de $b4$ sur $b3$ sous la forme d'un motif $d1$.
 - *Instant n° 19* : La prolongation de la note précédente induit une analogie entre le motif $b4$ et la première moitié d'un nouveau motif $d2$. La nouvelle note inaugurerait alors un motif $b5$ constituant la seconde moitié. Parmi les nombreuses hypothèses formulées par l'imagination débridée du système, l'une d'elles identifie les deux dernières notes *sol* et *mi b* avec celles de $b3$. Il se crée alors une attente parallèle, de moindre importance, de la note suivante (*la b*).
 - *Instants n° 20 à 22* : Le motif $b5$ s'achève sur un *do*. Il se crée une analogie entre les deux dernières notes et l'accord *do-mi* initié à l'instant n° 12 et toujours présent ce qui constitue une explication plausible de cette dernière note. Une autre explication considère la progression régulière des motifs $b1$, $b2$ et $b5$ (pourquoi pas !). Enfin, la non-occurrence de la note *la b* et sa présence marginale au sein de cette organisation $e1 = b3 + b4 + b5$, confère à cette note un caractère particulier, à préciser ultérieurement. L'attente de la réalisation d'un motif $c2$ n'est pas encore déçue.
 - *Instant n° 23* : La similitude de cette note avec la note de l'instant n° 11 induit une attente d'un nouveau motif $e2$.
 - *Instant n° 26* : Cette attente est suspendue par un nouvel accord, composé d'une note déjà connue — le *ré* — et attendue en tant qu'élément de $b2$, la seconde partie de $c1$, et d'une note non connue mais pouvant être expliqué

par la transposition de l'accord de l'instant n° 12.

- *Instants n° 27 à 30* : Le motif e_2 semble pourtant se confirmer. Le système induit alors une identification de e_2 et de b_2 .
- *Instants n° 31 à 34* : Les diverses surprises ne remettent pas en cause la vraisemblance d'une analogie avec e_1 , et confirme en fait l'identification. Suite à cela, le système identifie le motif c_2 , considère l'ensemble de ce qui précède comme un motif $f = c_1 + c_2$. Comme $c_1 = b_1 + b_2$ et puisque $c_2 = e_1 + e_2$, une analogie est établie entre b_1 et c_1 et entre b_2 et c_2 . Ce qui permet entre autres d'associer aux motifs b les notes supplémentaires rencontrées dans les motifs e et introduit le sous-entendu tonal. Notons en effet que pour chaque motif e_1 et e_2 est conservé l'information relative à l'ensemble de notes exprimées, ainsi que leur degré d'importance. Se profilent alors les premières ébauches d'une analyse harmonique.

Une telle analyse s'avère particulièrement laborieuse sans le secours de la machine.²¹ En effet, d'une part, il nous est impossible d'appréhender ici l'ensemble exhaustif des points de vue ; et d'autre part, le résultat d'une telle analyse ne se prête pas facilement à une représentation graphique satisfaisante. Une réalisation informatique mettra en évidence de manière explicite l'existence d'hypothèses parallèles expliquant chacune à sa manière le phénomène musical, et auxquelles sont associés des degrés de plausibilité différents. Il est intéressant de noter qu'une analyse paradigmatique de cet exemple se verrait mise en difficulté par l'enchevêtrement des motifs de type b et e , qu'il n'est pas aisé de représenter le long d'un axe syntagmatique. Or nous n'avons traité ici que les neuf premières mesures de la symphonie, et partiellement de surcroît. . .

L'approche analogique permettrait une unification des points de vue macroscopique (analyse de la forme) et microscopique (analyse des motifs) en une seule démarche tissant un vaste réseau de mises en correspondance. Les divers éléments décelés constituent les motifs, le réseau lui-même constitue la forme. De cette forme généralisée, il sera possible, grâce à l'informatique d'en effectuer une navigation, un parcours le long des différentes hiérarchies, permettant à l'utilisateur de s'approprier cette structure complexe. De plus, un système d'induction automatique suivant un modèle cognitif permettrait l'inférence de la grammaire cachée du langage sous-jacent à l'œuvre musicale. Les capacités imaginatives et combinatoires de la machine offrent au musicologue une source d'inspiration inégalée. La machine peut elle-même contraindre ce mécanisme d'élaboration de théories musicales par des principes cognitifs explicites et paramétrables. La subjectivité ainsi explicitée est alors maîtrisée. Enfin, le fruit de ces analyses, rendant compte de l'œuvre musicale avec une infime précision, pourra être utilisé dans un cadre compositionnel. On peut donc imaginer dans un second temps que ce logiciel per-

²¹Les analyses de Rudolf *Reti* [12] en offrent toutefois un avant-goût savoureux.

mette à l'utilisateur-compositeur d'éditer ces divers objets musicaux et aide ainsi à l'élaboration de nouvelles œuvres.

Peut-on alors parler d'art avec les outils de la science ? Nous aimerions répondre : oui, il est possible de mettre en place une méthodologie d'analyse musicale systématique, fondée sur des préceptes scientifiques. La collaboration de la science et de la musicologie peut être envisagée de diverses manières. L'approche traditionnelle consiste en une méthodologie scientifique d'analyse appliquée à la musique.²² L'idée présentée dans cet article prolonge à l'extrême cette démarche, en proposant d'étudier de manière scientifique la problématique même d'analyse. Cette étude fournit alors une modélisation que l'on adapte ensuite au contexte musical. De l'aspect final de cette méthodologie, un système d'analyse prêt à l'emploi, il ne semblerait subsister aucune trace de scientificité. Mais l'informatique²³ a provoqué une remise en cause de la conception traditionnellement centraliste du modèle scientifique.²⁴

Remerciements Je tiens à remercier Gérard ASSAYAG, Jean-Marc CHOUVEL, Fabien LÉVY, Quentin MEILLASSOUX, François NICOLAS ainsi que mon directeur de thèse Emmanuel SAINT-JAMES.

Références

- [1] G. ASSAYAG et S. DUBNOV et O. DELERUE. Guessing the composer's mind : Applying universal prediction to musical style. In *Proceedings of the 1999 International Computer Music Conference*. International Computer Music Association, Cambridge University Press, 1999.
- [2] N. COOK. *A Guide to Musical Analysis*. J.M. Dent & Sons, 1987.
- [3] J.H. HOLLAND et K.J. HOLYOAK et R.E. NISBETH et P.R. THAGARD. *Induction : Processes of Inference, Learning, and Discovery*. The MIT Press, 1989.
- [4] D. HUME. *Enquête sur l'entendement humain*. Bibliothèque philosophique. Aubier, 1947. Traduction, préface et notes de André LEROY.
- [5] E. KANT. *Critique de la Raison Pure*. Bibliothèque Philosophique. Aubier, 1997. Traduction, présentation et notes par Alain RENAUT.

²²De même que la linguistique est la science du langage, l'analyse paradigmatique musicale constitue alors une science du langage musical.

²³L'informatique, d'ailleurs, est parfois considérée comme une extension des mathématiques.

²⁴Dans ce contexte, l'expression d' « *outils de la science* » prend toute sa signification.

- [6] O. LARTILLOT. L'analyse musicale : une affaire d'induction et d'analogie. In *Actes des séminaires « Mathématiques, Musique et Philosophie » à l'Ircam*. L'Entretemps, 2002. En projet.
- [7] O. LARTILLOT et S. DUBNOV et G. ASSAYAG et G. BEJERANO. Automatic modeling of musical style. In *Proceedings of the 2001 International Computer Music Conference*. International Computer Music Association, Cambridge University Press, 2001.
- [8] M. MESNAGE et A. RIOTTE. Modélisation informatique de partitions, analyse et composition assistées. *Les cahiers de l'Ircam*, 3 : la composition assistée par ordinateur, 1993.
- [9] L. B. MEYER. *Emotion and Meaning in Music*. The University of Chicago Press, 1956.
- [10] M. MINSKY. Musique, sens et pensée. In T. MACHOVER, editor, *Quoi ? Quand ? Comment ? : La recherche musicale*, Musique/Passé/Présent, pages 137–163. Christian Bourgois éditeur, Ircam, 1985.
- [11] J.-J. NATTIEZ. *Fondements d'une sémiologie de la musique*. Union Générale d'Éditions, 1975.
- [12] R. RETI. *The Thematic Process in Music*. Macmillan Publishing, 1951. Reprinted in 1978 by Greenwood Press.
- [13] M. TURNER. Categories and analogies. In D.H. HELMAN, editor, *Analogical Reasoning*, Perspectives of Artificial Intelligence, Cognitive Science, and Philosophy. Kluwer Academic Publishers, 1988.