

Mondher AYARI

*Université de Strasbourg, France**Ircam-CNRS, Paris*

ayari@ircam.fr

Analyse systématique de la performance par le biais d'une modélisation informatique d'inspiration cognitive

RÉSUMÉ

Contexte

Au début de nos recherches en 1992 il n'existait aucune étude portant sur la psychologie de la perception et sur l'analyse systématique des musiques du bassin Méditerranéen. La question primordiale qui nous préoccupe depuis vingt ans est de comprendre ce qui se passe dans l'esprit de l'auditeur lorsqu'il écoute une œuvre orale improvisée. Notre intérêt est porté sur la manière selon laquelle les auditeurs construisent la forme, ou du moins ce qu'ils en perçoivent.

Il ne s'agit pas d'étudier ici des notions, certes essentielles, liées aux affects et aux émotions, mais nous focalisons cette étude sur la composante purement structurelle de l'écoute musicale. Le volet expérimental porte sur la perception du *maqâm* et sur les conduites auditives mises en évidence dans la représentation de sa structure dynamique : l'écoute syntaxique de la musique improvisée.

Objectifs et corpus

Les études expérimentales ont révélé des indices perceptifs fondamentaux pouvant provoquer une segmentation lors de l'écoute musicale. Ces indices peuvent être ordonnés selon le degré d'implication des connaissances préalables et d'abstraction de ces connaissances. L'objectif fondamental est de rendre compte de cette interaction complexe entre les traitements fondés sur les données sensorielles et ceux fondés sur les connaissances acquises (le savoir culturel).

La modélisation des mécanismes de perception musicale est réalisée en étroite interaction avec des facteurs fondés sur des règles d'organisation perceptives générales et des connaissances culturelles spécifiques au corpus d'étude (les musiques modales improvisées). Un ensemble d'heuristiques a été mis au point à travers des enquêtes ethnomusicologiques sur le terrain et des interviews avec les musiciens improvisateurs (en Grèce, en Turquie, en Tunisie et au Maroc), afin de décrire une finesse particulière dans les pratiques d'écoute culturalisée en Méditerranée.

Méthodologie

Le modèle d'analyse cognitive tire parti des connaissances acquises par les versants anthropologiques et psychologiques impliqués dans cette recherche pluridisciplinaire. Une articulation essentielle entre ces approches permet de conforter les résultats d'analyse proposés par le modèle informatique et de rendre compte du fonctionnement global du système complexe qui en résulte. Cet aller/retour entre expérimentation de l'écoute et modélisation cognitive permet à la fois de valider

le modèle, mais aussi d'avancer dans notre compréhension de l'esprit musicien et de sa plasticité dans le contexte de l'oralité.

Apports et retombées

Les expériences psychologiques ont permis de décrire un modèle cognitif global défini par des niveaux de traitement perceptifs partagés par les auditeurs sensibles aux musiques du *maqâm*. La reconnaissance d'un geste, d'un style ou d'une forme particulière d'improvisation permet à l'auditeur de réorganiser les événements musicaux en fonction des schémas préétablis, et de développer un sens musical complet et une prévision sur le cours et l'aboutissement du temps musical.

Des algorithmes informatiques écrits par Olivier Lartillot (partenaire scientifique associé au projet ANR, *CréMusCult*) dans un environnement de programmation (tel que *OpenMusic*, *Matlab*, etc.) permettent de créer un outil avancé d'analyse automatisée du contenu musical à travers un éventail large de dimensions d'organisation musicale – *MIRtoolbox*, *The MiningSuite*, – (LARTILLOT & Toiviainen, 2007). Le modèle d'analyse devrait donc rendre compte de l'interaction complexe entre les indices de surface caractérisant la forme générale de l'improvisation et ceux qui relèvent des structures profondes associées à la grammaire musicale du *maqâm* (Lartillot & Ayari, 2009). Les « processus de segmentation », « d'organisation », « de réduction » et « de reconnaissance » de la structure mis en œuvre dans le modèle computationnel sont traités avec des hypothèses analytiques et perceptives, dans un dialogue riche par des réflexions pluridisciplinaires entre *anthropologie de l'oralité*, *expérimentation de l'écoute* et *modélisation informatique*. Il s'agira de valider le modèle comme formalisation de nos connaissances sur les représentations et les traitements impliqués.

Nous avons formalisé et réalisé, sous la forme d'algorithmes, un environnement informatique reproduisant un ensemble articulé de règles d'organisation musicale :

1. La *transcription automatique* d'enregistrement sonore d'improvisation musicale permet dans un premier temps de caractériser les notes jouées. Là où certaines autres approches de référence, telle que *Audiosculpt* de l'Ircam, nécessitent des corrections manuelles, notre objectif est d'offrir une automatisation maximale. Cette automatisation est particulièrement intéressante lorsque la pièce analysée est longue, complexe et contient un grand nombre de notes, ce qui aurait nécessité de la part d'un musicologue un travail de transcription de longue haleine ;

2. La *segmentation* groupe les notes de manière hiérarchique en fonction de leur proximité temporelle (Lartillot, 2012) ;

3. La *réduction mélodique* détecte les ornements et met en évidence les notes les plus importantes du discours musical ;

4. L'*analyse modale* détecte les différentes échelles utilisées au cours de l'improvisation (Lartillot & Ayari, 2011) ;

5. L'*analyse métrique* reconstruit les niveaux de pulsation et la structuration métrique des séquences ;

6. Enfin, l'*analyse motivique* met en évidence les occurrences et les répétitions de motifs et de thèmes mélodiques élaborés dans l'improvisation.

Toutefois, ce premier module de transcription n'offre pour l'instant qu'un domaine d'application relativement limité : il nécessite le réglage et l'affinement d'un certain nombre de paramètres afin de le généraliser à un corpus plus complexe, et à terme sur l'analyse automatique de l'ensemble complet des œuvres orales enregistrées lors des missions de recherche sur le terrain.

Par ailleurs, il importe de rappeler l'important écart entre, d'un côté les ambitions théoriques de systématisation de la recherche musicologique, et de l'autre côté les limitations des moyens techniques de l'informatique musicale. Souvent, ce qui est évident pour le musicologue peut correspondre à des procédures d'analyse extrêmement difficiles à formaliser et modéliser par ordinateur : les possibilités techniques offertes par l'informatique sont jusqu'à nos jours limitées pour simuler le fonctionnement de l'esprit musicien. On peut ainsi imaginer les multiples difficultés que pose le passage de la description (théorique, philosophique, etc.) du phénomène musical à la modélisation informatique de ses traces, deux contextes épistémologiques complètement différents.

Dans cette recherche pluridisciplinaire impliquant l'*anthropologie de l'oralité* et la *musicologie computationnelle*, nous étions obligés – suite aux contraintes imposées par la programmation informatique – de simplifier la complexité de la musique modale à des éléments musicaux simples afin de décrire les structures essentielles mises en jeu dans l'improvisation. La réduction de certains éléments (tels que l'ornementation, la mobilité des degrés de l'échelle, les effets sonores, la manière de tourner le son) a enlevé une certaine fluidité à la nature de la musique de tradition orale qui dépend du contexte de son exécution, de son apprentissage, de sa transmission ; et qui en effet se plie à plusieurs lectures et interprétations. C'est ce que nous proposons de souligner dans les points suivants :

1. Le cadre d'étude général de cette approche touche à un niveau essentiellement syntaxique de la musique. Cependant, la perception de la musique de tradition orale est fortement déterminée par un réseau de significations sémantiques et psychologiques complexes. Nous avons tenté d'articuler dans toutes les étapes de la recherche les deux renvois (internes et externes) de la musique afin de rendre compte des liens forts entre la musique et son pouvoir, c'est-à-dire entre le son, la culture et le social. La question que nous posons et pour laquelle la musicologie computationnelle n'a pas encore de réponse catégorique, consiste à se demander comment intégrer dans un cadre informatique de telles notions fondamentales (les codes sociaux, les affects, les émotions, etc.) dans la perception et la compréhension de la musique à des fins d'analyse d'œuvres musicales et de modélisation de la compétence humaine.

2. Les différentes heuristiques constituant le modèle *CréMusCult* ont été traitées avec des limitations imposées par l'état de l'art actuel en informatique musicale. Ceci s'explique d'une part en raison de la grande variabilité en terme de

complexité des problématiques sous-jacentes : des analyses informatiques au niveau de la surface musicale peuvent parfois se contenter d'algorithmes informatiques simples, alors que la description d'éléments musicaux complexes (telles que les structures profondes), nécessite des programmes plus élaborés. D'autre part, certaines de ces problématiques ont connu davantage de développement en informatique musicale que d'autres, et nos travaux de recherche avec Olivier Lartillot ont pu tirer parti des études antérieures, afin de pouvoir progresser dans la programmation du logiciel *CréMusCult* (Lartillot & Ayari, 2012). Mais c'est dans les points d'études les moins traités et les plus complexes qu'un grand travail de recherche reste à effectuer.

3. L'une des spécificités des musiques de tradition orale du bassin méditerranéen est l'ornementation, le tissage, la figuration, la répétition avec variation et modulation et la reconstitution des modèles préétablis afin d'inventer de nouvelles formes d'expression musicale. À l'écoute, l'auditeur acculturé parvient à reconnaître les traces d'un motif sous-entendu dans le jeu du musicien qui se dissout parfois complètement dans l'improvisation. Dans l'état actuel des recherches en musicologie computationnelle, il est difficile, à notre connaissance, de parvenir à modéliser ce phénomène perceptif et à décrypter des structures abstraites à travers une analyse automatique du signal. Il reste un travail important à faire pour simuler l'intelligence musicale et rendre compte des connaissances relatives à la culture et au système musical.

Cependant, lorsqu'il s'agit de transformation ou de transposition d'un ou plusieurs motifs, le travail de l'informatique est envisageable et notre modèle actuel peut donner des éléments de réponse à cette question.

4. Après avoir expérimenté et affiné le modèle du point de vue de l'*analyse esthétique inductive*, nous envisagerons de tester *CréMusCult* dans un contexte de création musicale et d'interaction avec un musicien improvisateur en temps réel. Contrairement à d'autres approches computationnelles utilisant des programmes informatiques qui ne possèdent aucune « mémoire », *CréMusCult*, dans sa version actuelle, traite l'information sonore à partir d'un ensemble complexe d'algorithmes intégrant des connaissances sur le système *maqâm* avec ses échelles, ses mélodies représentatives, ses modulations et ses phases d'improvisation. Notre travail à venir consistera à implémenter dans le logiciel des programmes informatiques récents lui permettant, à la fois, d'analyser le signal audio ou MIDI et de générer en même temps des structures mélodiques et rythmiques en fonction du contenu musical du signal d'entrée (le jeu de l'improvisateur), mais aussi d'anticiper sur le cours et l'aboutissement du temps en fonction du style musical en question et des interprétations antérieures de certains répertoires. L'idée principale est de transformer le modèle analytique d'organisation de la structure en un modèle génératif de simulation de séquences musicales inédites. Ainsi, l'étude des interdépendances entre toutes les heuristiques de segmentation et de reconnaissance de patterns nécessite un travail expérimental et informatique plus approfondi.

5. Enfin, nous travaillons actuellement avec les partenaires du projet ANR *CréMusCult* sur une définition conceptuelle de la notion de créativité musicale et sur une modélisation de ces aspects au sein de notre formalisme cognitif et informatique.

Nous réfléchissons également à la mise en place de méthodes de visualisation du phénomène de créativité musicale de manière macroscopique, au sein des corpus musicaux, mettant en évidence l'aspect nouveau, donc « créatif », de toute nouvelle production musicale, cette « créativité » étant définie par rapport à une tradition et un corpus musical de référence. Nous prévoyons qu'un tel outil conceptuel et technologique sera en mesure de faire apparaître des phénomènes intéressants qui émergeraient des corpus étudiés. Nous songeons à intégrer la notion de créativité musicale au sein du modèle génératif, afin de rendre possible une synthèse informatique où serait contrôlée la part de créativité propre et la part de soumission à un schéma culturel prédéterminé.

Mots-clés

Analyse cognitive, modélisation informatique, musique de tradition orale, musiques du *maqâm*

REFERENCES

- LARTILLOT (Olivier), 2012, « Computational analysis of maqâm music: from audio transcription to musicological analysis, everything is tightly intertwined », *Acoustics Hong Kong*.
- LARTILLOT (Olivier), & AYARI (Mondher), 2009, « Segmentation of tunisian modal improvisation: Comparing listeners' responses with computational predictions », in *Journal of New Music Research*, 38(2), 117-127.
- , 2011, « Cultural impact in listeners' structural understanding of a Tunisian traditional modal improvisation, studied with the help of computational models », *J. Interdisciplinary Music Studies*, 5, 85-100.
- , 2012, « Retentional syntagmatic network, and its use in motivic analysis of maqâm improvisation », in *Proceedings of the 2nd International Workshop of Folk Music Analysis*.
- LARTILLOT (Olivier), & TOIVAINEN (Petri), 2007, MIR in Matlab (II): A Toolbox for Musical Feature Extraction From Audio, International Conference on Music Information Retrieval.