

Anas Ghrab <sup>\*1</sup><sup>\*</sup> Institut Supérieur de Musique – Université de Sousse, Tunisie<sup>1</sup> anas.ghrab@isms.tn

## L'analyse de la musique modale enregistrée : nouvelles approches, nouvelles méthodes

### RÉSUMÉ

#### Contexte

La communication que nous proposons est une réflexion épistémologique qui explore de manière pratique l'analyse des musiques modales enregistrées ainsi que les notions de modalité et d'analyse mélodique assistées par ordinateur. En effet, dans le cadre de la *Music Information Retrieval*, nous voyons l'émergence de nouvelles approches pour l'analyse des musiques modales, notamment celles où l'accent est mis sur l'analyse de l'enregistrement sonore et dans une moins mesure sur l'analyse de données symboliques. Nous pouvons citer par exemple les travaux conduits par Bariş Bozkurt sur les musiques turques ainsi que la récente thèse soutenue par Sankalp Gulati (2016) sur les approches computationnelles pour la description mélodique de la musique savante indienne.

#### Objectifs et corpus

En prenant comme exemple des enregistrements du répertoire modal de l'Afrique du Nord, notre communication aura trois objectifs : 1. présenter brièvement l'état de l'art dans ce domaine, notamment par rapport aux différents algorithmes existants pour la détection de la fondamentale ( $f_0$ ), les méthodes de détection de la tonique, ainsi que les différents aspects à prendre en considération dans une approche computationnelle comparative; 2. discuter les outils d'analyse existants en prenant en considération l'évolution des pratiques scientifiques et musicologiques; 3. souligner certains aspects liés à la notion de modalité et d'analyse mélodique, notamment la place qu'occupe l'analyse de l'axe temporel dans la définition mélodico-modale, par rapport à l'axe fréquentiel.

Dans cet objectif, nous prendrons comme corpus un ensemble de 309 chants de femmes à voix nue, de différentes régions tunisiennes, enregistrés entre 2007 et 2015. Ces enregistrements sont pour la plupart des chants de mariage : certains sont interprétés par une seule femme, alors que d'autres, notamment dans les régions du sud-est tunisien se chantent traditionnellement en chœur de quatre femmes par alternance. Étant donné que le contexte musical n'est pas régi par les théories modales de la musique savante tunisienne (*mālūf*), et que l'enregistrement de ces chants s'intègre dans une volonté de garder des traces de pratiques musicales qui subissent de profonds changements, aucune sélection n'est faite sur les chants sur des bases esthétiques liées à l'intonation. Nous considérons que les femmes qui chantent sont représentatives de leur tradition et que les données statistiques écarteront d'elles-mêmes les valeurs non-représentatives.

#### Méthodologie

Trois éléments fondamentaux sont à prendre en considération en premier lieu dans une analyse computationnelle modale à partir d'enregistrement sonores :

1. La détection des fréquences fondamentales : plusieurs algorithmes existent pour la détection des fréquences fondamentales ( $f_0$ ) : Praat, YiN, pYin, etc. La méthode que nous avons utilisé pour notre corpus est la *PitchMelodia* (Salamon, 2012), implémentée dans la bibliothèque *Essentia* (<http://http://essentia.upf.edu/>). L'avantage de cet algorithme est qu'il estime la fréquence fondamentale dans un contexte sonore complexe, car il a été originellement conçu pour extraire la mélodie prédominante dans une musique polyphonique. De cet fait, il est plus robuste dans le cadre de chants traditionnels où ceux-ci peuvent être accompagnés de sons environnementaux et d'instruments de musique.
2. La détection de la fréquence de la tonique est une démarche fondamentale dans la mesure où toutes les analyses intervalliques sont relatives à cette fréquence. Gulati et al. (2014 et 2016, chap. 4.2) a effectué une comparaison entre sept approches différentes pour la détection de la tonique sur six corpus différents. Si les méthodes présentées et appliquées aux corpus choisis sont aussi effacées dans le contexte instrumental que vocal, il note que, sans informations sur le contenu (homme/femme, genre musical) les méthodes basées sur l'analyse et la classification en *Multipitch* sont généralement plus efficaces que ceux qui se fondent sur une hauteur prédominante (*predominant pitch*). Sur les corpus Hindoustani et Carnatic analysés, les méthodes  $M_{JS}$  (Salamon et al. 2012) et  $M_{SG}$  (Gulati et al. 2012), où la sélection de la tonique se fait par un arbre de décision (Decision tree) ont été les plus satisfaisantes, avec une préférence pour  $M_{JS}$  pour sa simplicité d'implémentation pour un résultat équivalent. Mais étant donné que notre corpus est relativement homogène du point de vue du contenu timbral, nous considérerons par défaut que la fréquence  $f_0$  la plus présente dans les 0.5% dernières fréquences comme étant représentative de la tonique.
3. Estimation des fréquences les plus présentes : Pour chaque mélodie analysée, il est nécessaire de réduire les données fréquentielles afin de ne d' intéresser qu' à celles qui représentent des notes musicales. Au lieu d' utiliser un histogramme pour représenter les

fréquences les plus présentes, nous utiliserons une fonction de densité de probabilité (*Probability Density Function*) qui nous donne une représentation continue des fréquences. Cette fonction sera obtenue en effectuant une estimation par noyaux gaussiens (*Kernel Density Estimation*) (Ranjani et al., 2011).

Pour la comparaison des mélodies sur la base de leur fréquences dominantes, une mesure de distance entre les fonctions de densité de probabilité sera utilisée. Nous procédons ici par un calcul de la divergence de Kullback-Leibler qui figure parmi les mesures de distances appropriées dans le cadre de fonctions probabilistes (Cha, 2007).

En utilisant les outils technologiques aujourd'hui à disposition dans la sphère de l'*Open Source*, nous avons implémenté les fonctionnalités qui nous sont utiles dans le package *Music22*, en court de développement en langage Python (<https://gitlab.com/AnasGhrab/music22/>). Ceci permet de faciliter les manipulations courantes et de les rendre plus accessibles à d'autres musicologues.

### Apports et retombées

L'utilisation de méthodes statistiques élémentaires, comme la moyenne des fréquences  $f_0$  et l'écart-type s'avèrent utiles afin de donner une description sommaire des mélodies. En effet ces deux éléments reflètent la tessiture et l'ambitus, et peuvent être utilisés pour procéder à une première classification d'un corpus large.

Les fonctions de densité de probabilité sont efficaces pour nous renseigner sur le contenu modal. Les pics de leur courbe et l'analyse des rapports qu'ils constituent reflètent la hiérarchie entre les notes. L'obtention de l'échelle devient assez aisée.

La mesure des distances entre les fonctions de densité de probabilités, pour des mélodies transposées sur une même fréquence tonique, reflète la proximité modale entre les mélodies, basée sur leurs fréquences les plus probables. À partir de cette mesure, une classification ascendante hiérarchique agglomérative (*agglomerativ hierarchical clustering*) et un affichage accompagné d'une en matrice des distances nous renseignent sur la similarité modale.

Cependant, ce type de classification est limité quand il s'agit de mélodies qui possèdent des échelles semblables, mais qui se distinguent modalement par leurs formules mélodiques. En effet, les méthodes qui prennent en considération l'évolution temporelle des courbes mélodiques ne sont pas encore implémentées dans le package *music22*. Il s'agit là d'une étape future dans le développement du package. Néanmoins, le travail établi montre que nous avons obtenu actuellement un système pratique d'aide à l'analyse musicologique, focalisé sur l'analyse mélodique. Ce système, placé sur un serveur en ligne, est accessible à différents chercheurs afin d'analyser et comparer automatiquement des enregistrements de musique modale et contribuer également à la collecte de données sonores. Il nous place ainsi au cœur des défis actuels en terme d'analyse musicologique assistés par ordinateur : engager des mécanismes extensibles d'analyses comparatives, pouvant gérer des corpus larges de musiques enregistrées. La musicologie actuelle et future doit elle-même gérer ce type de mécanismes, les produire et les développer.

### Mots-clés

Musicologie et épistémologie ; Analyse computationnelle ; Analyse modale ; Analyse mélodique ; Traditions musicales de l'Afrique du Nord.

## RÉFÉRENCES

- CHA (Sung-Hyuk), 2007, « Comprehensive Survey on Distance/Similarity Measures between Probability Density Functions ». *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* 1, n° 4, p. 300-307.
- GULATI (Sankalp), 2016, *Computational Approaches for Melodic Description in Indian Art Music Corpora*. Thèse de doctorat dir. Xavier Serra, Barcelone, Universitat Pompeu Fabra.
- GULATI (Sankalp), BELLUR (Ashwin), SALAMON (Justin), RANJANI (H. G.), ISHWAR (Vignesh), MURTHY (Hema A.), et SERRA (Xavier), 2014, « Automatic Tonic Identification in Indian Art Music: Approaches and Evaluation ». *Journal of New Music Research* 43, n° 1, p. 53-71.
- BOZKURT (Barış), AYANGIL (Ruhi) et HOLZAPFEL (André), 2014, « Computational Analysis of Turkish Makam Music: Review of State-of-the-Art and Challenges ». *Journal of New Music Research* 43, n° 1, p. 3-23.
- BOZKURT (Barış) et KARAÇALI (Bilge), 2015, « A computational analysis of Turkish makam music based on a probabilistic characterization of segmented phrases ». *Journal of Mathematics & Music* 9, n° 1, p. 1-22.
- GEDIK (A.), 2013, « Similarity measures for traditional turkish art music ». *International Journal of Signal Processing (SPIJ)* 7, n° 1, p. 52.
- RANJANI (H. G.), ARTHI (S.), et SREENIVAS (T. V.), 2011, « Carnatic music analysis: Shadja, swara identification and rAga verification in AlApana using stochastic models ». In *2011 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA)*, p. 29-32.
- SALAMON (Justin) et GÓMEZ (Emilia), 2012, « Melody extraction from polyphonic music signals using pitch contour characteristics ». *Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on* 20, n° 6, p. 1759-1770.
- SALAMON (Justin), GULATI (Sankalp) et SERRA (Xavier), 2012, « A Multipitch Approach to Tonic Identification in Indian Classical Music ». In *13th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2012)*, p. 499-504.
- SCHMIDT (Erik M.) et KIM (Youngmo), 2013, « Learning Rhythm And Melody Features With Deep Belief Networks ». In *Proceedings of the 14th International Society for Music Information Retrieval Conference, ISMIR 2013, Curitiba, Brazil*, N  
o  
v  
e  
m  
b  
e  
r
- 4  
-  
8  
,  
p