Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université de Sfax

مجالس الفكر والإبداع

جامعة صفاقس
UNIVERSITE DE SFAX

institut supérieur
de musique
de sfax

المعهد العالي للموسيقى بصفاقس
ISMSF

LARIDIAME
Laboratoire de Recherche Interdisciplinaire en
Discours, Art, Musique et Economie

المؤتمر الدولي الثامن حول تحليل الخطاب الموسيقي

# توظيف الذكاء الإصطناعي في تأليف الموسيقات المقامية

COLLOQUE INTERNATIONAL N°8 :

# CRÉATION MUSICALE ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN MUSIQUES DU MAQĀM

إشراف وتنسيق: أ.د. الأسعد الزواري
د. حلمي بنصير

CRT Sfax
Le centre
de ressources
technologiques

09-10
MARS
2020

laridiame.mus@gmail.com

WWW.ISMSF.RNU.TN

# توظِيفُ الذَّكَاء الاصطِنَاعِي في تَأْلِيفِ المُوسِيقَاتِ المَقَامِيّةِ

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة صفاقس
المعهد العالي للموسيقى بصفاقس

# توظيفُ الذّكَاءِ الاصطنَاعِي في تَأَلِيفِ المُوسِيقَاتِ المَقَامِيّةِ

أعمال المؤتمر الدولي الثامن

09 و10 مارس 2020

إشراف وتنسيق: أ. د. الأسعد الزواري
د. حلمي بنصير

**العنوان:** توظِيفُ الذَّكَاءِ الاصطِنَاعِي في تَألِيفِ المُوسِيقَاتِ المَقَامِيّةِ

**إشراف وتنسيق:** أ.د. الأسعد الزواري- د. حلمي بنصير

**الطبعة:** 2020

**تصميم الغلاف:** زياد العش

**لجنة القراءة:** أ.د. مصطفى الطرابلسي- أ.د. الأسعد الزواري- د. مراد السيالة- د. محمد الأسعد قريعة- د. مراد الصكلي

**المراجعة اللغوية:** عبد العزيز بن سعيد(اللغة العربية)- مصطفى الطرابلسي( اللغة الفرنسية).

**اللجنة العلمية:** أ.د. مصطفى الطرابلسي- أ.د. الأسعد الزواري- د. مراد السيالة- د. محمد الأسعد قريعة- د. مراد الصكلي- أ.د. أمين بيهم(لبنان)- Marc Chemillier (فرنسا).

**الهيئة الادارية:** أ.د. الأسعد الزواري- د. حلمي بنصير- زياد العش- عبير كمون.

**ان المواضيع الواردة بهذا الكتاب تعبّر عن آراء أصحابها وتلزمهم بها**

# الإهداء

إلى كل الذين يراهنون على أن العقل الموسيقي الباحث، مسكونٌ بالطبوع والمقامات والمشافهة والتدوين، وهو إلى ذلك محمول على الانغراس في مجامع تجارب التحليل الرقمي المرتبط بالحاسوب، وبالبرمجيات الموسيقية، ومن ورائها الذكاء الاصطناعي....

إلى كل هؤلاء، وغيرهم، نهدي هذا العمل .

**الأستاذ عبد العزيز بن سعيد**

# إهداء خاصّ

إلى الصديق والزميل والأكاديمي: حافظ اللجمي

أن تكون صاحب فكرة موضوع ندوتنا البحثية، وأن يكون لك مشروع، وأن تأخذك الحماسة للإنجاز، تصورا وتنفيذا وإسهاما، مع كامل فريق العمل، وفجأة تتوقف.. وتترجل.. وتغيب "هالة" -رحمها الله-، تغيب.. روحك.

هالنا ما هالك من غياب "هالة". وعزاؤنا أننا كنا على يقين، أنك روحان، روح غابت، وروح تطوّح إنّ في -حافظ- رماحا، بل إن فيه ومنه أنامل وإبداعا وفنا وحياة.

صديقنا حافظ، حافظ على ما أنت به حافظ، وأكثر.

**الأستاذ عبد العزيز بن سعيد**

# توظيف الذكاء الاصطناعي في تأليف الموسيقات المقامية

يتسم عصرنا الحاضر بسيطرة التكنولوجيا وبحضورها في كل المجالات، فارتبطت جل "التطبيقات الإعلامية" بتنظيم نمط حياتنا اليومية، وبتحديد مسالكها بشكل كامل. وإذا مادققنا النظر في المجال الموسيقي لتبين لنا الدور الكبير للتطبيقات ذات الصلة، تأليفا وعزفا وتنظيرا، تجسم من خلال الحضور الكبير للآلات "الكهرو-صوتية" (électro-acoustiques) المرتبطة بالموسيقى الإلكترونية، والتي تم توظيفها في جميع الاختصاصات وأساسا في التحليل الموسيقي.

بدأت علاقة الموسيقى بالتكنولوجيا منذ أول توظيف للكهرباء في صناعة الآلة الموسيقية، وكان ذلك في حدود سنة 1761 بمبادرة شخصية من "جون باتيست" (Jean-Baptiste) تجسمت بصناعة آلة "الكلافسان الكهربائي" ( Clavecin électrique). غير أن هذا الاختراع لم يلق صدى عند الموسيقيين والتقنيين إلا مع بداية القرن الماضي، باعتبار أن النهضة التكنولوجية لم تبرز إلا في أواخر القرن التاسع عشر مع تطور المجالات الموسيقية والتكنولوجية وترابطها، بدءا بالتسجيل الصوتي الذي تزعمه كل من ("كروس" (Cros) و"أديسون"(Edison)") سنة 1877، ثم "بولسان" (Poulsen) 1898، مرورا بالتردد الصوتي والبث ("بال" (Bell) 1876 و"ماركوني" (Marconi) 1895)، وصولا إلى مرحلة الخلق والابتكار التي شهدت تطورا نوعيا خلال النصف الأول من القرن العشرين، وتجسم ذلك في التوظيف الإلكتروني لـــ"صناعة الصوت" وفي التأليف الموسيقي بحثا عن أصوات جديدة وسلالم موسيقية متفردة. فهل أفضى ذلك بالفعل إلى وجود فضاء صوتي جديد؟

مثلت بدايات المنتصف الثاني من القرن العشرين منعرجا مهما في هذا المجال فتطور الإطار النظري والتجريبي في مخابر "بال" (Bell) من خلال تجارب " التحليل الرقمي" (synthèse numérique) و"التركيب الخوارزمي" (composition algorithmique) المرتبطة بالحاسوب، وقد شمل هذا التطور المجال الموسيقي أيضا، فخرجت الموسيقى الإلكترونية إلى الفضاء الحي للممارسة الموسيقية، وأصبح بإمكان المبدع الموسيقي أن يقدم أعماله الموسيقية وينفذها اعتمادا على الحاسوب وذلك بظهور "استيديو الموسيقى الكهروصوتية" ( studio de musique électroacoustique)، وبانتشار آلات المزج الصوتي التناظري (synthétiseurs analogiques (RCA, puis Moog, Buchla, Ketoff))، ويقينا أن هذا التحول الكبير في المجال أصبح من أهم المباحث الموسيقية المعاصرة.

وبتدقيق النظر في الطرق المعاصرة للتأليف الموسيقي، يتبين لنا الدور الكبير الذي يلعبه الحاسوب في هذا الإنجاز تجسم من خلال عدة تطبيقات إعلامية لعل أهمها تطبيقة "كيبايس" (Cubase) التي سوقتها شركة "ستانبرغ" (Steinberg) منذ سنة 1966، وبذلك تركز بشكل كامل "الاستيديو الرقمي الافتراضي" ( Virtual Studio VST:Technology) ودشن بذلك مرحلة جديدة سمتها الآلة الموسيقية الافتراضية مع القطع بصفة تدريجية مع المدونة والآلة الموسيقية التقليدية.

ومع حلول الألفية الجديدة، وتحديدا العشرية الأولى منها ، بدأ الحديث حول "الذكاء الاصطناعي" (IA : l'intelligence artificielle) وما اصطلح على تسميته بـــ "المنظومة الرقمية للتعلم الذاتي" ( entité digitale auto-apprenante)، وغنم المجال الموسيقي في هذا المضمار عديد المؤلفات الموسيقية والمشهدية بلغت ذروتها بتسويق برمجيات خاصة بالتأليف الموسيقي مثل "الجاز"(Jazz) و"كلاسيك" (Classique).

وإذا كانت أولى التجارب المتصلة بتوظيف الإعلامية في الموسيقى بدأت منذ المنتصف الثاني من القرن الماضي (1957)، فإن بوادر توظيف الموسيقى الإلكترونية مع الموسيقى العربية ظهرت في حدود ستينات القرن العشرين من خلال تجربة متفردة للموسيقار عمر خورشيد والتي استعمل فيها آلات كهروصوتية في التخت المشرقي إلى جانب الآلات التقليدية، ثم تطورت التجربة من خلال اعتماد "آلة المازج الصوتي" (synthétiseur) المشرقي والذي يتوفر على الدرجات العربية الموسومة ب"ربع الوقت"، كما يمكن المنفذ من إمكانيات متعددة لأداء مختلف الدرجات وذلك ببرمجتها بصفة مسبقة، من خلال تحديد درجات السلم المختار اعتمادا على التقسيم المدقق "السنت" (cent) وبالتالي أصبح اليوم بإمكان عازف آلة "المازج المشرقي" تقديم عرض موسيقي منفرد ودون مصاحبة بقية الآلات الموسيقية.

وفي هذا الإطار يصبح من الطبيعي أن يشهد مجال إعداد البرمجيات الموسيقية انتعاشة قصوى، فظهرت البرمجيات الخاصة بكتابة الموسيقى الكلاسيكية الغربية، منذ ثمانينات القرن الماضي، ثم اقتضت الحاجة الأكيدة لكتابة الدرجات الموسيقية العربية المخصوصة إلى توفير برمجية "فينالي" (Finale) و"سيباليس" (Sibelius) و"ميس2" (Mus2) والتي كانت أكثر نجاعة من البرمجية الأولى. وهو ما يقيم الدليل بأن هذا التوجه أصبح من أولويات الباحثين والممارسين للموسيقى المقامية عموما، من عرب أو فرس أو أتراك، فما هي مستويات الاختلاف والائتلاف بين البرمجيات الموسيقية الكلاسيكية ونظيرتها المقامية؟ وهل تمكن المبدعون المشتغلون على المقامية من تحقيق المعادلة بين التطور التكنولوجي المعاصر والمرجعية الموسيقية الموروثة؟

لعلنا لا نبالغ عندما نقول بأن البرمجيات الخاصة بالموسيقى المقامية لم تتطور بالشكل المطلوب وهي تكاد تكون منعدمة، فكيف يمكننا إذا

طرح مسألة توظيف "الذكاء الاصطناعي" في تأليف الموسيقى المقامية؟

يبدو من خلال تعميق النظر في التجارب الغربية المرتبطة بتوظيف "الذكاء الاصطناعي" بأن كل ما يتصل بالموسيقى المقامية وبهذا المنهج التحديثي لا يزال في بدايته، فكيف يمكننا تفسير ذلك؟ وما هي الجدوى من توظيف البرمجيات الحديثة في موسيقى غير خاضعة للسلم الموسيقي المعدل، تعتمد أساسا على الإضافات الآنية وتختلف في رواياتها باختلاف السياقات الثقافية؟ هل يمكن إعداد برمجيات إعلامية وفق عمليات خوارزمية دقيقة تمكن من التعامل الذاتي مع اللغة الموسيقية المقامية تأليفا وعزفا وتنفيذا، على شاكلة الرصيد الموسيقي المتراكم على مدى القرن الماضي؟ ماهي وسائل التحليل المناسبة لكل رصيد موسيقي؟ وكيف يمكن أن يشتغل المحلل الموسيقي والباحث وفق منهج تحليلي من خارج الرصيد المذكور؟ هل يمكن تأليف موسيقى باعتماد الحاسوب في غياب القواعد المناسبة للتحليل الموسيقي؟

ونرى أنه من الوجيه علميا أمام كثرة هذه التساؤلات الحارقة أن نعمق النظر في هذه المبحث، لارتباطه الوثيق بإنسانية الإنسان، من ناحية وبالمسار التحديثي المحيط به الذي قد يهدد كيانه ووجدانه وذاكرته وهويته. وبالتالي فإن الاشتغال على موضوع التحليل والتأليف الموسيقي اعتمادا على البرمجيات الإعلامية والتطبيقات الخوارزمية يتطلب في تقديرنا التقيد على الأقل بالمراحل التالية:

1) التدقيق في تحديد المعايير الخاصة بكل نمط موسيقي، وتعداد كل الجزئيات التي تعبر عن خصوصياته، والحرص على تثبيت مرجعياته الموسيقية والثقافية، حتى لا نسقط في التعميم والتنميط ونشير هنا إلى الخطأ الجسيم المتواتر عند بعض الموسيقيين والباحثين الذين يكتفون بمعيار "ربع الوقت" لتحديد الفرق بين الموسيقى المقامية والموسيقى الكلاسيكية الغربية.

2) القدرة على تحليل هذه المعايير باعتماد الحاسوب.
3) إعداد منظومة إعلامية خاصة بالموسيقى المقامية تساهم ولو جزئيا في التحليل الموسيقي.
4) تحليل عدد كبير من الأمثلة التي تنتمي إلى الرصيد الموسيقي المستهدف ومقارنة مختلف النتائج.
5) إعداد منظومة للتأليف الموسيقي بواسطة الحاسوب في أسلوب الموسيقى المقامية، واختبارها بشكل مكثف.
6) تحديد المعايير الجديدة وفق النتائج المتحصل عليها في المرحلة (5)
7) إعادة اختبار النتائج وفق المراحل (من 2 إلى 6) لغاية الحصول على نتائج مرضية ومبررة
8) الشروع في إعداد منظومة "الذكاء الاصطناعي" التي تمكن من تأليف الموسيقى المقامية بشكل فردي وبصفة مستقلة عن كل تدخل إنساني.

من الواضح إذا أننا لا نزال في المراحل الأولى في هذا الاختصاص، إذ اعتمد الباحثون في العلوم الموسيقية المقامية على طرق تحليلية وافدة تقوم أساسا على المدونة الموسيقية الكلاسيكية الغربية التي تتميز بمعاييرها الذاتية وبرموزها وتعبيراتها وسلمها المعدل.... فكيف يمكن اعتماد هذه الطرق وتطبيقها على موسيقى شفوية تحتكم إلى عديد الخصوصيات ومنها: الارتجال والتنويع والترتيب السلمي والأجناس والتلوين المقامي والمسار المقامي والتداخل بين اللحن والإيقاع والتنوع الايقاعي. ولنا أن نشير إلى بعض المحاولات التي أنجزها بعض الباحثين قصد تجاوز القيود التي فرضها التحليل الموسيقي التقليدي المرتبط أساسا بأساليب التدوين، ولعل أبرزها التوجه البحثي الجديد لفريق العمل الذي قاده كل "مارك شوميلياي" (Marc Chemillier) وكذلك مخبر (CERMAA) فتم إعداد طرق تحليل موسيقي جديدة باعتماد الحاسوب، فتوفر بذلك للباحث وللمحلل

الموسيقي أدوات عمل تمثلت في أشكال وصور مرئية تمكنه من كشف بعض المعايير المرتبطة بالمادة الموسيقية للمثال المختار للتحليل. غير أن ذلك لم يمكن من الوصول إلى نتائج مبررة ومن تجاوز الصعوبات والهنات نظرا لعدم تلاؤم التطبيقات المشار إليها مع الأرصدة الموسيقية المقامية ذات الصلة. وبالتالي يحق لنا أن نتساءل: كيف يمكننا تجاوز هذا الإشكال؟

وعلى هذا الأساس ارتأينا أن نخصص المؤتمر الثامن للبحث حول علاقة الموسيقى بالتكنولوجيات الحديثة والتباحث حول إشكاليات توظيف "الذكاء الاصطناعي" بصفة عامة سواء كان لتحليل الموسيقى المقامية أو في التأليف الموسيقي من خلال المحاور التالية:

1- إلى أي مدى يمكننا الاستفادة من التجارب التكنولوجية التي تم توظيفها في تحليل الموسيقى الشفوية عامة والمقامية على وجه الخصوص؟
2- هل يمكننا تحديد معايير الموسيقى المقامية وعناصرها المميزة دون اعتماد مفاهيم الموسيقى الكلاسيكية وأدبياتها؟
3- كيف يمكننا تحديد شخصية المقام الموسيقي (المسار اللحني والإيقاعي، الجمل المميزة، المجال الصوتي، الدرجات المحورية وغيرها)؟
4- ماهي الطرق المناسبة لتحليل الموسيقات المقامية؟

- ✓ هل ينبغي اعتماد طرق التحليل الموسيقي التي تم توظيفها منذ بداية القرن العشرين والتي تحتكم إلى التدوين، وتحديد الأجناس، والمسار اللحني، والخلايا الإيقاعية وغيرها؟
- ✓ هل ينبغي على الباحث اعتماد طرق التحليل الموسيقي بواسطة الحاسوب، أم أنه مطالب باستنباط البرمجيات الخاصة به والتي تتماشى مع موسيقاه ؟ هل تمكن هذه الطرق الوافدة من الموسيقى الكلاسيكية الباحث والمحلل من استنتاج

الخصوصيات المقامية ومن إدراكها وضبطها؟ أم أن اتباع هذه المنهج التحليلي لا يعدو أن يكون سبيلا لاستعراض قدرة المحلل على مسايرة التكنولوجيا؟ ألا يجب على المحلل الموسيقي استنباط المعايير التقنية اللازمة للتحليل بواسطة الحاسوب وأن لا يكتفي بمعالجة النص الموسيقي، تدوينا وتجزئة وتركيبا؟

5- علاقة التناص الموسيقي بالبرمجيات من خلال تحديد معايير الموسيقى المقامية.

6- كيف يمكن تحليل النصوص الموسيقية باعتماد الحاسوب؟ وهل يمكن اعتماد ذلك في التأليف الموسيقي؟

7- هل تحتكم الموسيقى المقامية إلى قاعدة بيانات تشمل مجمل النصوص والتداوين؟

8- واقع توظيف "الذكاء الاصطناعي" في الموسيقى المقامية وآفاقه.

# Création musicale et Intelligence Artificielle en musiques du *maqām*

Nous vivons dans un monde où la technologie est omniprésente, et où les différentes « Applications » rythment notre vie quotidienne et notre communication avec autrui.

Les applications dédiées à la musique sont innombrables et sont les héritières des premiers logiciels de création et d'analyse musicales, eux-mêmes héritiers des premiers instruments électro-acoustiques de la musique du même nom. La technologie et la musique se sont rejoints depuis la première utilisation de l'électricité pour animer un instrument musical, par Jean-Baptiste de Laborde et son « Clavessin électrique » en 1761, phénomène isolé qui sera amplifié à partir du début du XXe siècle par toute une technologie inventée au XIXe siècle visant à enregistrer (Cros et Edison en 1877, Poulsen en 1898), reproduire, transmettre (Bell en 1876, Marconi en 1895) et (re-) créer le son. La création et la reproduction électronique du son permettent, dans la première moitié du XXe, la recherche de nouveaux timbres, de nouveaux sons, de nouvelles échelles, un nouvel espace sonore.

Avec l'apparition à partir de 1948-1951 des premiers studios de musique électroacoustique et, à partir de 1955, des synthétiseurs analogiques (RCA, puis Moog, Buchla, Ketoff), la musique électronique est transportée dans le domaine de la musique vivante alors que, simultanément, s'effectuent aux laboratoires Bell les premiers travaux de synthèse numérique et de composition algorithmique, principalement à l'aide de l'ordinateur. La composition et l'exécution musicales assistées par ordinateur deviendront l'un des axes majeurs de la recherche en musique.

De nos jours, et pour le public le plus large de compositeurs, le règne de l'ordinateur a favorisé la création musicale assistée par ordinateur, dont le programme phare est Cubase (Steinberg) qui, en 1996, introduit les premiers VST (Virtual Studio Technology) puis (en 1999) les VSTi (ajouter « instrument » au précédent) qui, par l'utilisation de commandes Midi permettent de piloter de véritables instruments virtuels. Les possibilités de composition deviennent beaucoup plus élaborées et s'affranchissent complètement de la traditionnelle partition sur papier.

Alors que le débat sur l'intelligence artificielle (IA – ou entité digitale auto-apprenante) appliquée aux robots-soldats et à d'autres technologies est en cours depuis le début des années 2010, il est notable que la première IA à composer de la musique date de 1957, et que les IA sont aujourd'hui utilisées couramment – et commercialement – en musique, notamment pour la création de musiques pour vidéos ou même pour la composition « plus sérieuse » (Jazz, Classique).

Pour la musique arabe, cependant, les débuts de l'ère électrique ne débutèrent réellement qu'avec le guitariste Omar Khorshid (seconde moitié des années 1960) et seront accompagnés ou suivis par la création ou l'adaptation d'instruments électro-acoustiques et électriques, notamment le violon « oriental », le *ʿūd* et certaines percussions, et par l'introduction, dans les années 1990, du synthétiseur « oriental » – comprendre comprenant le « quart de ton ». Ce dernier est capable de reproduire plusieurs instruments simultanément par pré-programmation ou par accompagnement automatisé, et les versions récentes intègrent la possibilité de programmer l'échelle au cent près. Il est devenu omniprésent dans l'animation des soirées « one man show » où le musicien est lui-même chanteur, compositeur et arrangeur.

Parallèlement, et avec la diffusion des logiciels de notation musicale sur ordinateur (années 1980) le besoin d'intégrer des altérations autres que celles de la musique classique occidentale

fut petit à petit comblé par les deux leaders du marché (Finale et Sibelius), longtemps limité cependant au quart de ton tempéré jusqu'à l'émergence de logiciels dédiés (MUS2 – Turquie – par exemple) intégrant la possibilité de créer des altérations adaptées à chaque musique – mais toujours à partir de la notation occidentale.

Si le retard technologique des musiques orientales a été plus ou moins comblé, aujourd'hui, il n'en reste pas moins qu'en évaluant les applications technologiques en musique du *maqām* existantes de nos jours, que ce soit sur le marché ou dans les centres de recherche du monde arabo-perso-turc, la première constatation est l'indigence des résultats obtenus à l'aide de ces technologies, que ce soit en analyse de la musique ou en création musicale. Qu'en est-il alors de l'Intelligence Artificielle comme aide à la création ?

Le premier constat, évident, est qu'on en est encore aux balbutiements. Quelle est la cause de ce retard ? Quelle serait de fait la pertinence de l'utilisation de la technologie et de la programmation avancée pour une musique non-standardisée (comme la grande majorité de la musique produite actuellement), que ce soit pour les hauteurs ou pour toute autre caractéristique du son produit ? Comment envisager l'application du principe, autonome et auto-apprenant, de l'Intelligence artificielle à la musique du *maqām* quand des compositeurs humains sont incapables, de nos jours, de reproduire la musique d'il y a un siècle seulement ?

Comment, de surcroît, composer dans un style donné quand ce style n'a pas été analysé et assimilé avec les outils adéquats, quand on impose une grille de lecture à l'analyste et au futur musicien basée sur des caractéristiques exogènes à la musique analysée, et dont les résultats sont complètement faussés par ce biais originel ?

En d'autres termes, comment composer si on ne peut analyser correctement ? *Composer* à l'aide de l'ordinateur

impose de pouvoir, au préalable, *analyser* par ordinateur tout le (ou une partie représentative et suffisante du) répertoire dans lequel on veut composer, puis d'établir des règles plus ou moins strictes de composition pour tous les paramètres étudiés. À partir de là, et si on veut créer une IA qui puisse composer et évoluer, on intégrera les règles établies ainsi que les paramètres de l'analyse déjà utilisés dans le programme, et on lui donnera des règles adaptées pour qu'elle puisse évoluer à partir de tout cela.

Le schéma logique d'un programme de recherche aboutissant à l'analyse automatique d'un répertoire donné et à une création musicale autonome devient donc : (1) identifier les paramètres pertinents de la musique en question (et, dans le cas de la musique du *maqām* ce qui, surtout, la différencie de la musique occidentale – et cela ne se réduit évidemment pas au « quart de ton »), (2) trouver le moyen d'analyser ces paramètres par ordinateur, (3) trouver le moyen d'automatiser (programme informatique dédié) au moins partiellement l'analyse, (4) effectuer un grand nombre d'analyses pour couvrir le répertoire visé et vérifier les résultats, (5) établir un programme de création de musique assistée par ordinateur, dans ce style et répertoire (*maqām*), et le tester, (6) identifier de nouveaux paramètres pertinents qui surgiront à partir de l'étape « 5 », (7) répéter les étapes « 2 » à « 6 » ci-dessus jusqu'à ce que les résultats soient satisfaisants, (8) commencer à programmer et tester une IA qui pourrait créer de la musique du *maqām* de manière (quasi-) autonome.

On est encore loin du but pour le répertoire du *maqām*, d'autant plus que les premières étapes permettant d'arriver à ce but en sont encore à leurs balbutiements.

Les musicologues et les ethnomusicologues se trouvent actuellement entre ces mondes divers de pratique et la musique arabe et, plus largement, la musique de *maqām* exigent actuellement des modèles d'analyse différents. Peut-on encore aborder l'analyse d'une musique orale en la limitant à la notation écrite alors que dans le cas du *maqām*, il y a bien sûr –

et entre autres caractéristiques – l'improvisation, les variations, les échelles-*ajnās*, les modulations et le *sayr-al-ʿamal*, l'imbrication entre mode et rythme et, surtout, le vaste phénomène de l'hétérophonie qui est encore très peu étudié ?

Alors que les recherches de Marc Chemillier – et d'autres – en France tentent de se dégager du carcan analytique imposé par une musicologie axée sur la notation sur portée, et que les recherches du CERMAA au Liban ont abouti à la mise en place d'analyses assistées par ordinateur débouchant sur des animations visuelles déterminantes pour la compréhension et la détection de paramètres pertinents dans l'analyse de ces musiques, la majorité des recherches actuelles bute sur l'obstacle de l'inadéquation des applications actuelles de la technologie pour ces analyses.

Comment surmonter ces obstacles, devons-nous les surmonter ?

Le Laboratoire de Recherche Interdisciplinaire en Discours, Art, Musique et Economie (LARIDIAME), le Centre de Recherches sur les Musiques Arabes et Apparentées (CERMAA) et le Centre d'Analyse et de Mathématique Sociales (CAMS) appellent les chercheurs à proposer des interventions sur ces sujets, avec les thématiques suivantes :

1. La technologie dans les musiques de tradition orale et dans les musiques du *maqām* : l'expérience des unes peut-elle profiter aux autres ?
2. Quels critères pour la musique du *maqām* ? Ou comment caractériser la musique en évitant le biais originel de la musicologie classique ?
3. Comment caractériser les spécificités de la musique du *maqām* (cliché, cheminement maqāmique,…)?
4. Quels outils d'analyse pour les musiques du *maqām* ?
    a. Pertinence, manques et alternatives des outils développés à partir du début du XX$^{ème}$ siècle
        i. Notation sur portée
        ii. Structuration par *ajnās*-*ʿuqūd*

iii. *Sayr-al-ʿamal*
iv. Rythmique isochrone
v. etc.

b. Pertinence de l'analyse assistée par ordinateur
i. Sert-elle à mieux comprendre la musique du *maqām* ou n'est-elle qu'un artifice destiné à mettre en valeur l'analyste ?
ii. Peut-on utiliser les outils d'analyse existants et les adapter ?
iii. Doit-on créer des outils spécifiques ?
iv. Analyste-programmeur ou analyste-musicologue et programmeur ?
v. Analyse statistique *versus* analyse individuelle ? Différences de conceptions entre les deux approches

5. Quel est l'apport de l'intertextualité musicale au développement de l'identité musicale?
6. Analyse de textes assistée par ordinateur : où en sommes-nous ? Comment l'appliquer à la création musicale ?
7. Base de données des textes, partitions et musiques du *maqām* : où en sommes-nous ?
8. IA et musique – état des lieux (*maqām*) et perspectives

# Music Creation and Artificial Intelligence in Musics of *Maqām*

We live in a world where technology is omnipresent, and where the different «Applications» rhythm our daily life and our communication with others.

The applications dedicated to music are innumerable and are the heirs of the first creation and analysis musical software, themselves heirs of the first electro-acoustic instruments of the music of the same name. Technology and music have joined since the first use of electricity to animate a musical instrument by Jean-Baptiste de Laborde and his "Electric Clavessin" in 1761, an isolated phenomenon that was amplified from the early twentieth century by a technology invented in the nineteenth century designed for recording (Cros and Edison in 1877, Poulsen in 1898), reproducing, transmitting (Bell in 1876, Marconi in 1895) and (re) creating sound. The creation and electronic reproduction of sound has allowed, in the first half of the twentieth century, the search for new timbres, new sounds, new scales, and a new sound space.

With the appearance of the first electro-acoustic music studios from 1948 to1951 and analog synthesizers since 1955, (RCA, then Moog, Buchla, Ketoff), electronic music was transmitted to the field of live music, while, simultaneously, the first numerical syntheses and algorithmic composition were carried out at Bell laboratories. Computer-assisted music composition and performance became, thus, a major focus of music research.

Nowadays, and for the largest public of composers, the reign of the computer has favored computer-aided music creation, such as the well-known Cubase program (Steinberg) which, in 1996, introduced the first VST (Virtual Studio Technology) then (in 1999) the VSTi (add "instrument" to the previous one) which, by the use of Midi controls allow to pilot virtual instruments. The possibilities of composition become

much more sophisticated and free from the traditional music paper sheet.

While the debate on artificial intelligence (AI - or digital self-learning entity) applied to robot soldiers and other technologies is ongoing since the early 2010s, it is notable that the first AI to compose music dates back to 1957, and that AIs are nowadays commonly and commercially used in music, especially for the creation of music for videos or even for "more serious" composition (Jazz, Classical).

As far as Arabic music is concerned, however, the electric era merely started with the guitarist Omar Khorshid (second half of the 1960s) and was accompanied or followed by the creation or adaptation of electro-acoustic instruments including the 'oriental' violin, the ūd and some percussion, and the introduction in the 1990s of the 'oriental' synthesizer - including the 'quarter-tone'. The latter can reproduce several instruments simultaneously by programmed or automated accompaniment, and recent versions include the possibility of programming the scale to the nearest cent. It has become omnipresent in the animation of "one man show" evenings where the musician is himself the singer, the composer and the arranger.

Simultaneously, and with the dissemination of computer-based music notation software (1980s), the need to integrate alterations other than those of Western classical music was gradually filled by the two market leaders (Finale and Sibelius), limited, however, for a long time to the tempered quarter tone, until the emergence of dedicated software (i.e. MUS2 - Turkey - ) incorporating the ability to create alterations adapted to each specific music - but still based on Western notation.

If the technological gap of Eastern music has been more or less filled, today, it remains nonetheless a need to evaluate the technological applications in the current music of maqām, whether on the market or in the research centers of the Arab - Turkish world. The lack of results obtained using these technologies are obvious, whether in music analysis or musical creation. Hence, what about Artificial Intelligence as an aid to creation?

The first obvious observation is that we are still in the early stages. What is the cause of this delay? What would be the relevance of the use of technology and advanced programming for non-standardized music (such as the vast majority of currently produced music), whether for pitch or any other characteristic of produced sound? How can the autonomous and self-learning principle of Artificial Intelligence be applied to the music of the maqām while human composers are unable, today, to reproduce the music performed a century ago?

Moreover, can we really compose in a given style if this style has not been analyzed and assimilated with the appropriate tools, if one imposes a reading grid on the analyst and the future musician based on characteristics that are exogenous to the analyzed music, and the results which are completely distorted by this original bias?

In other words, how to compose if we cannot analyze correctly? To compose with the help of the computer entails being able, beforehand, to analyze all the (or a representative and sufficient part of) repertoire in which one wants to compose, then to establish more or less strict rules of composition for all studied parameters. From there, and if we want to create an AI that can compose and evolve, we should integrate the established rules as well as the parameters of the already used analysis in the program, and we should give it appropriate rules so that it can evolve.

The logic diagram of a research program leading to the automatic analysis of a given repertoire and to an autonomous musical creation is thus: (1) to identify the relevant parameters of the intended music (and, in the case of the music of the maqām, the parameters which, above all, distinguishes it from Western music - and this is obviously not reduced to "quarter-tone") (2) find the way to analyze these parameters by computer, (3) find the means to automate (dedicated computer program) ,at least partially, the analysis, (4) perform a large number of analyzes to cover the target repertoire and verify the results, (5) establish and test a computer-assisted music creation program in this style and repertoire (maqām), and test it, (6) identify new relevant parameters that will arise from step "5", (7), repeat

steps “2” to “6” above until results are satisfactory, (8) start programming and testing an AI that could (nearly) autonomously create maqām music.

We are still far from reaching this goal for the maqām repertoire, given that the first steps to reach this goal are still in their early stages.

Musicologists and ethnomusicologists are currently in between these diverse worlds of practice, and Arabic music and, more broadly, maqām music currently require different models of analysis. Can we still approach the analysis of an oral music by limiting it to the written notation whereas in the case of the maqām, there are of course - and among other characteristics - improvisation, variations, scales (ajnās), modulations and sayr-al-'amal, the interweaving between mode and rhythm and, above all, the vast phenomenon of heterophony which is still very little studied?

While the research of Marc Chemillier - and others - in France are trying to break free from the analytic shackles imposed by a musicology focused on score notation, and the research of CERMAA in Lebanon have resulted in the establishment of computer-assisted analysis leading to visual animations that are decisive for the understanding and detection of relevant parameters in the analysis of these musics, the majority of current research stumbles on the obstacle of the inadequacy of current applications of technology for these analyzes. .

How to overcome these obstacles, and should we actually overcome them?

The Interdisciplinary Research Laboratory in Discourse, Art, Music and Economy (LARIDIAME), the Research Center on Arab and Related Musics (CERMAA) and the Center of Analysis and Social Mathematics (CAMS) call on researchers to propose interventions on these subjects, with the following themes:

1. Technology in oral and maqām musics: can the experience of one benefit others?

2. What criteria for the musics of the maqām? How to characterize music by avoiding the original bias of classical musicology?

3. How to characterize the specificities of the maqām musics (cliché, maqāmic path,...)?

4. What analysis tools for the musics of maqām?

   a. Relevance, shortcomings and alternatives of tools developed from the beginning of the 20th century

      i. Score notation

      ii. Structuring by ajnās-'uqūd

      iii. Sayr al-'amal

      iv. Isochronous rhythms

      v. etc.

   b. Relevance of computer-assisted analysis

      i. Does it serve to better understand musics of the maqām or is it just an artifice intended to showcase the analyst?

      ii. Can existing analytical tools be used and adapted?

      iii. Should we create specific tools?

      iv. Analyst-programmer or analyst-musicologist and programmer?

      v. Statistical analysis versus individual analysis? Differences of conceptions between the two approaches.

5. What is the contribution of musical intertextuality to the development of musical identity?

6. Computer-assisted text analysis: where are we? How to apply it to music creation?

7. Database of texts, scores and the maqām music: where are we?

8. AI and music – current state (maqām) and perspectives.

# Musikalisches Schaffen und Künstliche Intelligenz in Musik von maqām

Wir leben in einer Welt, in der Technologie allgegenwärtig ist und in der die verschiedenen "Anwendungen" unser tägliches Leben und unsere Kommunikation mit anderen prägen.

Die der Musik gewidmeten Anwendungen sind unzählig und sind die Erben der ersten Musikerschaffungs- und Analysesoftware, selbst die Erben der ersten elektroakustischen Instrumente der gleichnamigen Musik. Technologie und Musik sind seit der ersten Nutzung von Elektrizität für die Stromversorgung eines Musikinstruments von Jean-Baptiste de Laborde und seinem "Clavessin électrique" im Jahr 1761 zusammengeführt worden, ein isoliertes Phänomen, das seit Beginn des 20. Jahrhunderts durch eine ganze Technologie verstärkt wurde, die im 19. Jahrhundert erfunden wurde, um Ton aufzunehmen (Cros und Edison 1877, Poulsen 1898), zu reproduzieren, zu übertragen (Bell 1876, Marconi 1895) und (wieder) zu erzeugen. Die Schaffung und elektronische Wiedergabe von Klang in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ermöglichte die Suche nach neuen Klangfarben, neuen Klängen, neuen Skalen, einem neuen Klangraum.

Mit dem Erscheinen der ersten elektroakustischen Musikstudios von 1948-1951 und ab 1955 von analogen Synthesizern (RCA, dann Moog, Buchla, Ketoff) wurde die elektronische Musik in den Bereich der lebendigen Musik transportiert, während gleichzeitig die ersten digitalen Synthese- und algorithmischen Kompositionsarbeiten in den Bell-Laboren, hauptsächlich mit Computern, durchgeführt wurden. Computergestützte Musikkomposition und -aufführung wird zu einem Schwerpunkt der Musikforschung.

Heute, und für das breiteste Publikum von Komponisten, hat die Herrschaft des Computers die computergestützte Musikproduktion begünstigt, deren Flaggschiff Cubase

(Steinberg) ist, das 1996 die erste VST (Virtual Studio Technology) und dann (1999) die VSTi (add "instrument" zu der vorherigen) einführte, die mit Hilfe von Midi-Reglern die Steuerung realer virtueller Instrumente ermöglicht. Die Kompositionsmöglichkeiten werden viel aufwendiger und völlig frei von der traditionellen Papierpartitur.

Während die Debatte über künstliche Intelligenz (KI - oder selbstlernende digitale Entität), die auf Robotersoldaten und andere Technologien angewendet wird, seit Anfang 2010 andauert, ist es bemerkenswert, dass die erste KI, die Musik komponiert, aus dem Jahr 1957 stammt und dass die KI heute allgemein - und kommerziell - in der Musik verwendet wird, insbesondere für die Erstellung von Videomusik oder sogar für "ernstere" Kompositionen (Jazz, Klassik).

Für die arabische Musik begann der Beginn des elektrischen Zeitalters jedoch eigentlich nur mit dem Gitarristen Omar Khorshid (zweite Hälfte der 1960er Jahre) und wurde begleitet oder gefolgt von der Schaffung oder Anpassung elektroakustischer und elektrischer Instrumente, darunter die "orientalische" Geige ʿūd und bestimmte Schlaginstrumente, und von der Einführung des "orientalischen" Synthesizers in den 1990er Jahren - Verständnis einschließlich des "Vierteltons". Letzteres ist in der Lage, mehrere Instrumente gleichzeitig durch Vorprogrammierung oder automatisierte Begleitung zu reproduzieren, und neuere Versionen beinhalten die Möglichkeit, die Skala auf den nächsten Cent zu programmieren. Er ist allgegenwärtig geworden in der Animation von "One Man Show"-Abenden, bei denen der Musiker selbst Sänger, Komponist und Arrangeur ist.

Gleichzeitig und mit der Verbreitung der Computer-Musik-Notationssoftware (1980er Jahre) wurde die Notwendigkeit, andere als die der westlichen klassischen Musik zu integrieren, von den beiden Marktführern (Finale und Sibelius) allmählich erfüllt, jedoch lange Zeit auf ein Viertel ihres gemäßigten Tons begrenzt, bis zur Entwicklung einer speziellen Software (MUS2 - Türkei – durch Beispiel) die Möglichkeit, Änderungen zu schaffen, die an jede Musik angepasst sind - aber immer in westlicher Notation.

Wenn die technologische Rückständigkeit der orientalischen Musik heute mehr oder weniger aufgeholt ist, bleibt die Tatsache bestehen, dass bei der Bewertung der heute bestehenden technologischen Anwendungen in der Musik von maqām, sei es auf dem Markt oder in Forschungszentren der arabisch-persisch-türkischen Welt, die erste Beobachtung die Knappheit der mit diesen Technologien erzielten Ergebnisse ist, sei es in der Musikanalyse oder im musikalischen Schaffen. Was ist mit der Künstlichen Intelligenz als Hilfsmittel für die Schöpfung?

Die erste offensichtliche Beobachtung ist, dass wir uns noch in einem frühen Stadium befinden. Was ist die Ursache für diese Verzögerung? Was wäre die Relevanz der Verwendung von Technologie und fortschrittlicher Programmierung für nicht standardisierte Musik (wie die überwiegende Mehrheit der derzeit produzierten Musik), sei es für die Tonhöhe oder eine andere Eigenschaft des erzeugten Klangs? Wie können wir uns die Anwendung des autonomen und selbstlernenden Prinzips der Künstlichen Intelligenz auf die Musik von maqām vorstellen, wenn menschliche Komponisten heute nicht in der Lage sind, die Musik von vor nur einem Jahrhundert wiederzugeben?

Wie können wir außerdem in einem bestimmten Stil komponieren, wenn dieser Stil nicht analysiert und mit den entsprechenden Werkzeugen assimiliert wurde, wenn wir dem Analytiker und dem zukünftigen Musiker ein Leseraster auferlegen, das auf exogenen Merkmalen der analysierten Musik basiert und dessen Ergebnisse mit diesen originalen Mitteln völlig verzerrt werden?

Mit anderen Worten, wie kann man komponieren, wenn man nicht richtig analysieren kann? Das Komponieren mit dem Computer erfordert die Fähigkeit, zunächst alle (oder einen repräsentativen und ausreichenden Teil) des Repertoires, in dem Sie komponieren wollen, per Computer zu analysieren und dann mehr oder weniger strenge Kompositionsregeln für alle untersuchten Parameter festzulegen. Von dort aus, und wenn wir eine KI schaffen wollen, die komponieren und sich entwickeln kann, werden wir die etablierten Regeln und die Parameter der Analyse, die bereits im Programm verwendet werden,

integrieren, und wir werden ihr angepasste Regeln geben, damit sie sich aus all dem entwickeln kann.

Das logische Schema eines Forschungsprogramms, das zur automatischen Analyse eines bestimmten Repertoires und zu einem autonomen musikalischen Schaffen führt, wird so zu einem: (1) die relevanten Parameter der betreffenden Musik zu identifizieren (und, im Falle von maqām music, die sie vor allem von der westlichen Musik unterscheidet - und dies ist offensichtlich nicht auf einen "Viertelton" reduziert), (2) einen Weg zu finden, diese Parameter per Computer zu analysieren, (3) einen Weg zu finden, die Analyse zumindest teilweise zu automatisieren (dediziertes Computerprogramm), (4) eine große Anzahl von Analysen durchzuführen, um das Zielverzeichnis abzudecken und die Ergebnisse zu überprüfen, (5) ein computergestütztes Musikerstellungsprogramm in diesem Stil und Repertoire (maqām) einzurichten und zu testen, (6) neue relevante Parameter zu identifizieren, die sich aus Schritt "5" ergeben, (7) die Schritte "2" bis "6" oben zu wiederholen, bis die Ergebnisse zufriedenstellend sind, (8) mit der Programmierung und dem Testen einer KI zu beginnen, die Musik von maqām auf (quasi) autonome Weise erstellen könnte.

Von dem Ziel für das Verzeichnis maqām sind wir noch weit entfernt, zumal die ersten Schritte zur Erreichung dieses Ziels noch in den Kinderschuhen stecken. Musikwissenschaftler und Ethnomusikwissenschaftler bewegen sich derzeit zwischen diesen unterschiedlichen Praxiswelten und der arabischen Musik, und, allgemeiner gesagt, die Musik von maqām erfordert derzeit unterschiedliche Analysemodelle. Können wir uns der Analyse der Oralmusik noch nähern, indem wir sie auf die schriftliche Notation beschränken, während es im Falle von maqām natürlich - und unter anderem - Improvisation, Variationen, Skalen - ajnās, Modulationen und sayr-al-ʿamal, die Verflechtung von Modus und Rhythmus und vor allem das große Phänomen der Heterophonie gibt, das noch sehr wenig untersucht wird?

Während die Forschung von Marc Chemillier - und anderen - in Frankreich versucht, sich von der analytischen Zwangsjacke der Musikwissenschaft auf der Grundlage der

Scope-Notation zu lösen, und die Forschung des CERMAA im Libanon zur Implementierung computergestützter Analysen geführt hat, die zu visuellen Animationen führen, die für das Verständnis und die Erkennung relevanter Parameter bei der Analyse dieser Musik entscheidend sind, stößt die aktuellste Forschung auf das Hindernis unzureichender aktueller technologischer Anwendungen für diese Analysen.

Wie überwinden wir diese Hindernisse, müssen wir sie überwinden?

Das Interdisziplinäre Forschungslabor für Sprache, Kunst, Musik und Wirtschaft (LARIDIAME), das Centre for Research on Arab and Related Music (CERMAA) und das Centre for Social Analysis and Mathematics (CAMS) laden Forscher ein, Interventionen zu diesen Themen mit folgenden Themen vorzuschlagen:

1. Technologie in der oralen Traditionsmusik und in der Musik von maqām: Kann die Erfahrung des einen zum anderen beitragen?
2. Welche Kriterien für die Musik von maqām? Oder wie man Musik ohne die ursprüngliche Vorurteile der klassischen Musikwissenschaft charakterisiert?
3. Wie kann man die Besonderheiten der Musik von maqām (Klischee, Pfad maqāmique,....) charakterisieren?
4. Welche Analysewerkzeuge für die Musik von maqām?

a. Relevanz, Lücken und Alternativen der seit Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelten Instrumente
   i. Personalnotierung
   ii. Strukturierung durch ajnās-ʿuqūd
   iii. Sayr-al-ʿamal
   iv. rhythmische Struktur
   v. etc. etc.

b. Bedeutung der computergestützten Analyse
   i. Wird es verwendet, um die Musik von maqām besser zu verstehen, oder ist es nur ein Gerät, um den Analysten hervorzuheben?
   ii. Können bestehende Analysewerkzeuge genutzt und angepasst werden?
   iii. Müssen wir spezifische Instrumente schaffen?

iv. Analytiker-Programmierer oder Analytiker-Musikwissenschaftler und Programmierer?

v. Statistische Analyse versus individuelle Analyse? Unterschiede in den Vorstellungen zwischen den beiden Ansätzen

5. Welchen Beitrag leistet die musikalische Intertextualität zur Entwicklung der musikalischen Identität?

6. Computergestützte Textanalyse: Wo stehen wir? Wie kann man es auf das musikalische Schaffen anwenden?

7. Datenbank mit Texten, Partituren und Musik von maqām : Wo sind wir jetzt?

8. KI und Musik - Stand der Dinge (maqām) und Perspektiven

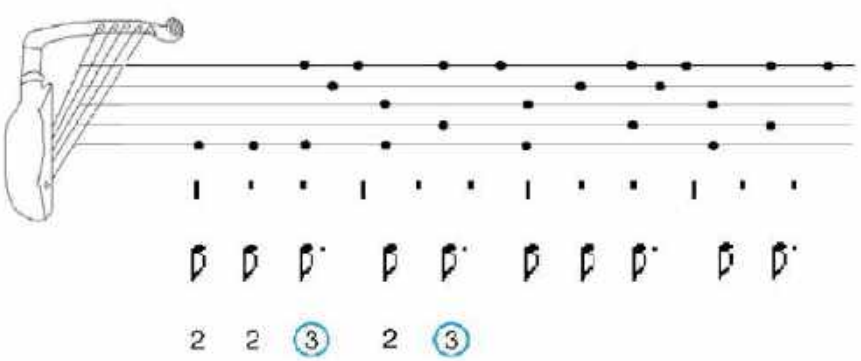
# De la musique aux mathématiques... et réciproquement

Marc Chemillier
*marc.chemillier@ehess.fr*

Au cours de cet exposé, je vais parler de mathématiques et de musique de deux points de vue différents qui sont, pourrait-on dire, complémentaires. D'une part, je vais montrer comment la musique fait apparaître certaines structures remarquables que l'on peut analyser en utilisant des outils mathématiques. Et dans un deuxième temps je montrerai comment les mathématiques peuvent proposer des modèles qui permettent de générer de la musique et de simuler des musiques existantes à l'aide de techniques de l'intelligence artificielle. On verra que dans ce cas, l'approche générative conduit à des applications intéressantes pour enrichir l'analyse musicale.

Le premier exemple que je vais traiter apparaît dans le contexte un peu inattendu d'une société de tradition orale. J'ai en effet travaillé en Afrique où l'on trouve certaines structures musicales tout à fait étonnantes que l'on peut décrire mathématiquement. C'est le cas d'un répertoire d'Afrique centrale sur lequel j'ai travaillé dans les années 1990, chez les Nzakara qui jouent de la harpe pour accompagner le chant. Le premier exemple reproduit ci-dessous est une petite formule de harpe qui est jouée en boucle de façon répétitive avec quelques variations, et qui sert d'accompagnement à une improvisation vocale (il s'agit de la pièce *gitangi* dans le CD de la Cité de la musique). Sur le plan du rythme, l'auditeur est un peu déstabilisé parce qu'il a l'impression que le jeu de harpe flotte en quelque sorte alors qu'en réalité, il est très structuré du point de vue rythmique. Pour savoir comment cette formule instrumentale est organisée, il faut déterminer les positions de la pulsation. La méthode pour le faire consiste à demander à des gens du village de frapper dans les mains en écoutant la séquence. C'est ce que

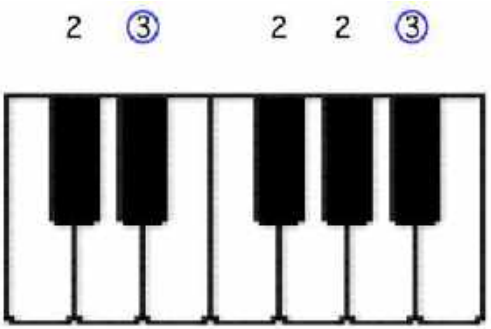
j'ai fait pour obtenir le résultat présenté dans la figure ci-dessous. Les pulsations se placent aux positions des traits verticaux les plus longs. Il y en a quatre dans la séquence avec trois subdivisions pour chaque pulsation. Quand on regarde les « notes » de musique, c'est-à-dire les points où le musicien pince les cordes de l'instrument, on voit qu'au début ils coïncident avec la pulsation ou avec ses subdivisions et qu'ensuite, ils se placent entre les traits verticaux flottant en l'air quelque sorte. C'est ce qui donne le caractère rythmique très particulier de la séquence. On peut décrire les rapports de durées de manière plus précise avec la notation solfégique. Il suffit de représenter la subdivision de la pulsation par une croche qui se divise en deux double-croches. Par endroits la durée de certaines notes est un peu prolongée, c'est-à-dire que la note suivante arrive plus loin, et cela correspond à une croche pointée, c'est-à-dire une croche plus la moitié de la durée d'une croche.




En observant la suite de durées qui en résulte on obtient une séquence très particulière que l'on peut représenter mathématiquement en notant les croches par le chiffre 2 (car il y a deux subdivisions en double-croches) et les croches pointées par le chiffre 3. Cela donne la succession 2 2 3 2 3 qui est répétée ensuite. C'est cette structure qui donne à ce rythme son caractère si particulier avec par moments des attaques qui coïncident avec la pulsation ou avec ses subdivisions, et à d'autres des attaques qui sont en levée, c'est-à-dire entre les subdivisions de la

pulsation, par exemple entre la deuxième et la troisième pulsations ou entre la quatrième et la fin de la séquence. Cette propriété est une caractéristique des rythmes africains. Il existe plusieurs rythmes de la même famille qui ont exactement la même organisation des durées avec des 3 séparées par des groupes de 2 comportant un élément de plus d'un côté que de l'autre, donc une dissymétrie dans le formule. C'est ce qui donne le caractère « syncopé » de ces rythmes, ce côté très rebondissant propre aux musiques africaines. Ce sont de telles structures que l'on peut étudier mathématiquement et le recours aux mathématiques est d'autant plus intéressant qu'on trouve des structures similaires dans des contextes complètement différents comme on va le voir sur un exemple.

Si l'on reprend la succession 2 3 2 2 3 avec toujours l'asymétrie dans les groupes de 2, il y a un objet très familier en musique dans lequel on retrouve exactement la même disposition, il s'agit du clavier du piano. La répartition des touches noires par rapport aux touches blanches suit exactement la même structure. Entre le *do*♯ et le *ré*♯, on a deux touches (une noire et une blanche). Par contre entre le *ré*♯ et le *fa*♯, on a trois touches (*ré*♯, *mi, fa*). Ensuite, on trouve de nouveau deux touches, puis deux touches, puis trois touches entre le *si*♭ et le *do*♯. Donc on a exactement la même organisation dans la répartition des touches du clavier.



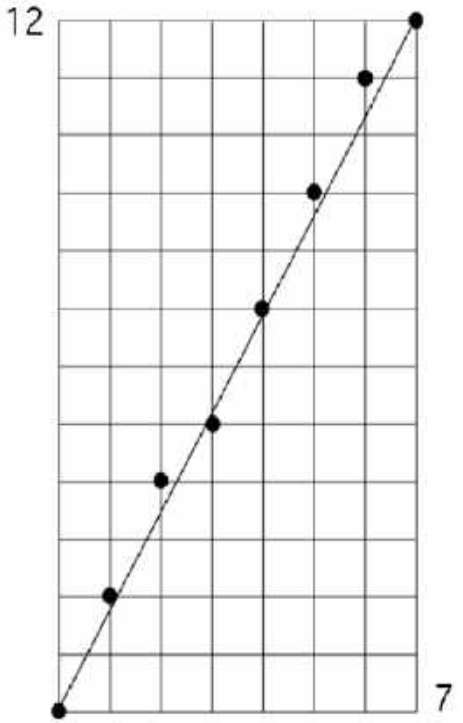
Ce type de structure asymétrique a donné lieu à des explorations mathématiques. Sur le plan des rythmes, c'est le mathématicien Godfried Toussaint qui a publié en 2013 un livre sur les patterns asymétriques que l'on trouve en Afrique mais aussi dans d'autres contextes comme les Caraïbes (claves afro-cubaines) ou l'Europe centrale (rythmes aksak).

En ce qui concerne les touches du clavier, c'est-à-dire les gammes et les modes, la musicologie américaine s'est beaucoup intéressée à ce sujet en développant le concept de *sous-ensemble maximalement réparti* par rapport à un ensemble donné dont il existe plusieurs caractérisations mathématiques. Nous allons en donner une qui est assez facile à exprimer. On représente un quadrillage avec sept unités en largeur et douze unités en hauteur et on trace la droite diagonale de pente 12/7. Précisons que les nombres 7 et 12 s'expliquent par le fait qu'il y a sept touches blanches à l'intérieur de l'octave et douze touches dans le total chromatique (sept blanches et cinq noires). On cherche les points d'intersection du quadrillage « les plus proches » de la droite, dans un sens que l'on va préciser ultérieurement, et l'on s'aperçoit qu'on trouve exactement la succession des touches blanches du clavier : *do, ré, mi*, puis entre le *mi* et le *fa* on voit qu'il y a seulement une unité (alors qu'il y en avait deux entre les notes précédentes). À partir du *fa* on trouve de nouveau deux unités entre les notes *fa, sol, la, si*, puis à la fin une seule unité entre le *si* et le *do*. La formule qui permet de caractériser ces points de coordonnées $(i, j)$ est :

$$j = E((i + 1)p) - 1$$

dans laquelle $E$ est la fonction partie entière qui donne l'entier le plus proche inférieur à un nombre donné, et $p = 12/7$ est la pente de la droite. Cette formule linéaire donne exactement les sept touches blanches du clavier à l'intérieur des douze divisions de l'octave. On voit bien que si l'on avait eu un 6 à la place du 7, les choses auraient été très différentes parce que 12 est divisible par 6 et dans ce cas, la droite de pente $12/6 = 2$ aurait croisé le quadrillage en des points de coordonnées entières. On aurait

obtenu une belle régularité avec des points espacés de deux unités (cela correspond à la gamme par ton sur le clavier). Mais la nature en a voulu autrement puisqu'il y a sept touches blanches. On a donc cette structure représentée sur la figure qui est « presque » régulière, qui est la plus régulière possible compte tenu du fait que 12 et 7 sont des nombres premiers entre eux. C'est cela qui caractérise ces ensembles maximalement répartis : ils sont les plus proches possible d'ensembles répartis de façon régulière.




Lorsqu'on veut énumérer de telles structures, qu'elles soient rythmiques ou modales, on se trouve confronté au problème de la circularité de ces séquences. Par exemple si l'on prend la gamme pentatonique correspondant aux touches noires du clavier, elle est définie pa la suite d'intervalles 2 3 2 2 3 lorsqu'on commence par le do♯. Mais toutes les rotations de cette séquence sont également des gammes pentatoniques. On obtient

en effet cinq formes différentes de la gamme pentatonique en commençant par chacune de ses notes *do*♯, *ré*♯, *fa*♯, *sol*♯, *si*♭ :

2 3 2 2 3
3 2 2 3 2
2 2 3 2 3
2 3 2 3 2
3 2 3 2 2

Il peut exister des circonstances spécifiques dans lesquelles ces différentes rotations doivent être distinguées. Mais lorsque l'on parle de la gamme pentatonique en général, on ne les distingue pas et elles sont toutes considérées comme équivalentes. Dans ce cas, il est utile de disposer d'une technique pour sélectionner un représentant unique parmi les différentes rotations. Un moyen simple de le faire est de considérer la rotation qui est *la plus petite pour l'ordre alphabétique*. Ainsi pour la gamme pentatonique, on obtient la rotation 2 2 3 2 3 (on place les chiffres les plus petits en positions les plus à gauche).

Ce représentant unique qui est minimal pour l'ordre alphabétique parmi les rotations d'une même séquence est appelé un *mot de Lyndon*. C'est un concept très puissant de combinatoire des mots et il existe un algorithme permettant de les calculer très efficacement (algorithme de Duval). Dans son étude sur la systématique modale, Amine Beyom distingue la notation « prescriptive » d'un mode qui sert à définir la structure de l'échelle et permet de dessiner une carte du territoire des musiques modales, et la notation « descriptive » qui cherche à rendre compte des variations d'intonation servant à différencier les pratiques géographiques, personnelles, etc. Il donne l'exemple du mode Bayāt qui utilise le demi-bémol noté 𝄳 : *ré, mi*𝄳, *fa, sol, la, si*𝄳, *do, ré*. Le degré *mi*𝄳 forme un intervalle de 3 quarts de ton avec le *ré* qui précède et avec le *fa* qui suit. Dans la pratique, c'est un degré appelé SĪKĀ qui peut varier selon les musiciens et les régions. Mais du point de vue de la structure de l'échelle, la notation prescriptive retiendra la séquence d'inter-

valles suivante entre les notes de l'échelle considérée en partant de la note *ré* :

3 3 4 4 2 4 4

La systématique modale d'Amine Beyom a permis une énumération rationnelle des structures d'intervalles de la modalité arabe. Celles-ci sont représentées comme des séquences de 7 intervalles multiples du quart de ton. Il distingue l'*hyper-système* qui est un ensemble de 7 intervalles placés en ordre croissant : pour le Bayāt, il s'agit de 2 3 3 4 4 4 4. Les permutations que l'on peut former avec les hyper-systèmes sont appelées des *sous-systèmes*. Parmi eux, on choisit un représentant unique pour chaque famille de sous-systèmes identiques à rotation près. Ce représentant unique, appelé *système,* est la séquence minimale pour l'ordre alphabétique parmi toutes les rotations. C'est donc un mot de Lyndon et l'algorithme de Duval permet de les calculer. On obtient le calcul suivant pour les séquences de longueur 7 qui sont basées sur l'hyper-système 2 3 3 4 4 4 4 du mode Bayāt :

```
(duval-hyper 7 '(2 3 4) #(2 3 3 4 4 4 4))
lyndon=#(2 3 3 4 4 4 4)
lyndon=#(2 3 4 3 4 4 4)
lyndon=#(2 3 4 4 3 4 4)
lyndon=#(2 3 4 4 4 3 4)
lyndon=#(2 3 4 4 4 4 3)
lyndon=#(2 4 3 3 4 4 4)
lyndon=#(2 4 3 4 3 4 4)
lyndon=#(2 4 3 4 4 3 4)
lyndon=#(2 4 3 4 4 4 3)
lyndon=#(2 4 4 3 3 4 4)
lyndon=#(2 4 4 3 4 3 4)
lyndon=#(2 4 4 3 4 4 3)
lyndon=#(2 4 4 4 3 3 4)
lyndon=#(2 4 4 4 3 4 3)
lyndon=#(2 4 4 4 4 3 3)
```

On trouve 15 systèmes associés à l'hyper-système 2 3 3 4 4 4 4 ce qui confirme le tableau d'énumération publié par Amine Beyom (p. 10 de son article). Le mot de Lyndon correspondant au mode Bayāt est le dixième de la liste : 2 4 4 3 3 4 4 qui représente le mode considéré à partir de la note *la*, c'est-à-dire *la, si♭, do, ré, mi♭, fa, sol, la*. Les autres permutations correspondent à des modes différents.

Lorsque des objets combinatoires remarquables apparaissent dans des sociétés de tradition orale, comme c'est le cas pour les rythmes africains, on peut se demander quels sont les processus cognitifs mis en œuvre pour permettre l'émergence de telles structures. C'est la question que je me suis posée dans mon livre *Les Mathématiques naturelles* qui est une exploration d'une discipline nouvelle qu'on appelle l'ethnomathématique et qui consiste à étudier ce genre de structure, non seulement dans la musique mais également dans de nombreuses activités pratiquées dans les sociétés de tradition orale.

Je vais passer maintenant à l'autre sujet de mon exposé qui est complémentaire en quelque sorte, puisqu'il s'agit de voir comment les mathématiques permettent de générer de la musique avec certains modèles comme les automates finis ou les chaînes de Markov. Je vais prendre de nouveau un exemple pour expliquer le principe. Il s'agit d'étudier des séquences qui peuvent contenir des notes si l'on parle de musique, mais qui dans le cas général peuvent être des séquences d'objets quelconques. Pour illustrer cette construction, prenons l'exemple d'une séquence de lettres : *abracadabrabradaca*. On va se demander dans un contexte donné, c'est-à-dire quand on a lu un certain nombre de lettres, qu'est-ce qu'on peut lire à la suite en se limitant aux enchaînements définis par la séquence de départ ? Dans la séquence qui est proposée, si l'on prend comme contexte les quatre lettres *abra*, on constate qu'il y a trois transitions possibles : soit on peut lire un *c*, soit un *b*, soit un *d*. En effet, il y a trois occurrences du contexte *abra* dans la séquence avec à chaque fois une suite différente. Voilà ces trois occurrences indiquées entre parenthèses :

(*abrac*)*adabrabradaca*
*abracad*(*abrab*)*radaca*
*abracadabr*(*abrad*)*aca*

Le point intéressant à observer est que si l'on modifie la longueur du contexte, par exemple en l'augmentant par ajout d'une lettre (en prenant *rabra* à la place de *abra*), on réduit les possibilités de choix de transitions. Alors qu'au contraire, si on diminue la longueur du contexte, on augmente le nombre de choix possibles. Par exemple si l'on prend *rabra*, on s'aperçoit que dans cette séquence, il n'y a plus qu'une seule transition possible vers le *d*, donc on a réduit l'éventail des possibilités :

*abracadab*(*rabrad*)*aca*

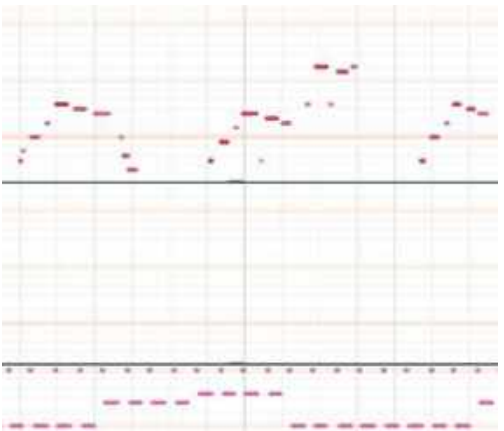
On peut utiliser ce modèle dans un sens génératif, c'est-à-dire en produisant des séquences par un tirage effectué au hasard selon les probabilités de transition de la séquence enregistrée initialement pour produire une séquence qui lui ressemble beaucoup. Voilà un exemple de séquence obtenue en faisant varier le contexte : *dacadabrabracada*. On a indiqué ci-dessous les étapes qui permettent de produire cette séquence en utilisant des parenthèses pour délimiter les contextes les plus longs appartenant à la séquence d'origine *abracadabrabradaca* :

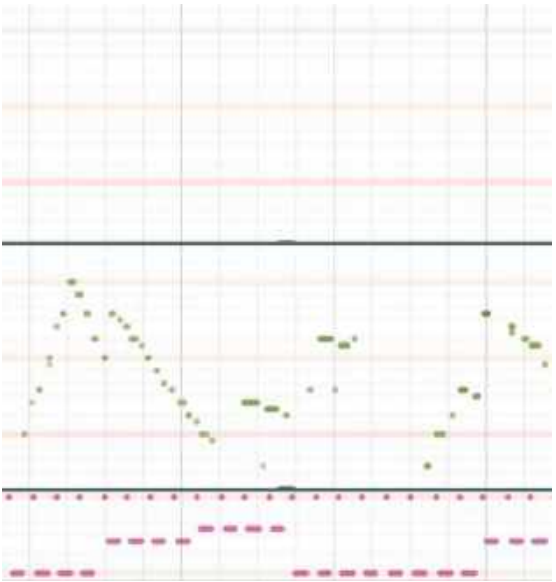
(*daca*)
*d*(*acadabrabra*)
*dacadabr*(*abracada*)

On voit que le contexte augmente lorsqu'on suit l'ordre des lettres dans la séquence d'origine, puis il se rétrécit lorsqu'on bifurque et dans ce cas, on « s'éloigne » en quelque sorte de la séquence initiale. Ce rétrécissement est visible lorsqu'on passe de *d*(*acadabrabra*) à *dacadabr*(*abrac).* Puis lorsqu'on augmente de nouveau le contexte, on se rapproche de la séquence initiale et ainsi de suite. Quand le contexte augmente, on a tendance à recopier des fragments de ce qui a été enregistré, et c'est quand

le contexte diminue que l'on crée de la nouveauté.

On utilise ces principes dans un travail que j'ai initié avec des collègues de l'IRCAM il y a une vingtaine d'années pour le développement d'un logiciel d'improvisation qui est à un stade assez avancé puisqu'on l'utilise désormais en concert dans différents projets artistiques avec le musicien de jazz Bernard Lubat ou le musicien Charles Kely Zana-Rotsy de Madagascar. Je vais montrer pour finir un exemple avec Bernard Lubat illustrant le fonctionnement du logiciel qui est basé exactement sur ce principe (https://youtu.be/J52SEoHvx1o). On capte ce que joue Bernard Lubat sur un clavier de synthétiseur et à partir de ce qu'il a joué, on génère des séquences musicales. Le musicien joue sur la piste du haut où les notes sont représentées par les petits segments horizontaux (représentation dite « piano-roll » des données MIDI). Au milieu se trouve la piste de l'ordinateur qui est vide au début. En bas, on a des informations sur la pulsation qui est représentée par des petits points et des informations harmoniques puisque le logiciel va calculer des phrases selon la structure harmonique sous-jacente du morceau (ce qu'on appelle la *grille d'accords*). Les harmonies sont représentées par des petits traits horizontaux qui correspondent aux fondamentales des accords. Au début le musicien joue tout seul, puis il s'arrête et l'ordinateur prend le relai.





Le principe de ce calcul qui se base sur les traces laissées par le musicien (les notes qu'il a jouées et qui s'affichent sur le piano-roll) est devenu aujourd'hui le paradigme dominant dans toutes les applications d'intelligence artificielle qui se sont développées ces dernières années. C'est le cas notamment des algorithmes de recommandation qui connaissent un succès considérable sur les sites de commerce en ligne ou sur les plateformes de streaming vidéos ou musicales. Les traces laissées par les utilisateurs servent en quelque sorte à « prédire » le futur à partir du passé. Des applications aussi banales que les mécanismes de suggestion de clavier de nos téléphones portables mettent en œuvre un principe similaire (on propose à l'utilisateur de compléter les mots qu'il saisit en fonction des mots qu'il avait tapés antérieurement). Dominique Cardon est un sociologue spécialiste de l'Internet qui s'est intéressé à ces mécanismes de recommandation. L'une de leurs caractéristiques fondamentales est de ne faire aucune hypothèse sur la nature des traces laissées par les utilisateurs. Contrairement à une approche sociologique plus ancienne (par exemple celle de Pierre Bourdieu) qui se basait sur la définition de catégories socio-

professionnelles, l'approche mise en œuvre dans ces nouvelles techniques tend à considérer l'individu pour lui-même, sans référence à aucune catégorie préexistante. En ce qui concerne notre logiciel d'improvisation, la situation est similaire : le logiciel ne fait aucune hypothèse sur la nature de la musique jouée par le musicien dont le jeu est capté par la machine et aucune théorie musicale n'est intégrée *a priori* dans le système. C'est ce qui donne à notre logiciel des capacités d'adaptation très importantes. Nous l'avons utilisé dans toutes sortes de musiques de type jazz (Bernard Lubat) ou world (Charles Kely Zana-Rotsy) et nous faisons actuellement des expériences dans le champ de l'électro, mais rien ne s'oppose à ce qu'il soit utilisé dans d'autres champs, par exemple dans celui des musiques de la modalité arabe.

Le lecteur intéressé trouvera d'autres vidéos sur le site http://digitaljazz.fr qui montrent les développements récents de ce projet présentant une autre forme de connexion entre les mathématiques et la musique. L'un des écueils potentiels des techniques basées sur l'enregistrement du passé pour prédire le futur est d'enfermer l'usager dans les limites de ses propres routines. Comme le souligne Dominique Cardon dans son livre *À quoi rêvent les algorithmes ?*, elles le conduisent à « ajuster ses désirs sur la régularité de ses pratiques ». Plus généralement elles entérinent un certain ordre qui comporte toujours le risque de s'imposer comme une norme. Il est donc essentiel de laisser toujours ouverte la possibilité d'une étincelle créatrice qui échappe en quelque sorte à la régularité des traces enregistrées par la machine. C'est ce point qui rend nécessaire dans notre travail le prolongement du développement purement logiciel par une enquête de type socio-ethno-musicologique sur la manière dont les musiciens s'approprient un tel outil informatique. J'ai appelé *simulation* cette approche consistant à faire jouer le logiciel dans un certain contexte musical et à recueillir les réactions des musiciens sur les productions de la machine, et je renvoie le lecteur à mon article sur le sujet. D'une certaine manière, l'approche par simulation permet de relier le point de vue créatif et génératif adopté dans le développement de ce

logiciel avec le point de vue plus analytique adopté dans la première partie de cet exposé où les mathématiques étaient utilisées pour décrire des phénomènes musicaux. En simulant certaines pratiques musicales et en observant la manière dont les musiciens réagissent, on permet au logiciel d'improvisation de révéler comment la musique est organisée et ainsi de devenir un puissant outil d'analyse

## Références :


✓ Amine Beyom, Systématique modale : modélisation des échelles musicales sur une grille de 24 quarts de ton, *Antouniah* n°6, Presses de l'université Antonine, Baabda-Liban, 2005, p. 228-236
http://foredofico.org/CERMAA/wp-content/uploads/2017/11/Beyhom_2006_Systematique_modale_UPA.pdf

✓ Srečko Brlek, Marc Chemillier & Christophe Reutenauer, Music and combinatorics on words: a historical survey, *Journal of Mathematics and Music, special issue on "Music and combinatorics on words"*, Volume 12, 2018 - Issue 3, p. 125-133
https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17459737.2018.1542055

✓ Dominique Cardon, *À quoi rêvent les algorithmes ? Nos vies à l'heure du big data*, Paris, Seuil, 2015.

✓ Marc Chemillier, trois notices pour le disque *La parole du fleuve. Harpes d'Afrique centrale*, Cité de la musique, CM001, 1999.
http://ehess.modelisationsavoirs.fr/marc/publi/disque/disque.html

✓ Marc Chemillier, Periodic musical sequences and Lyndon words, G. Assayag, V. Cafagna, M. Chemillier (eds.), *Formal Systems and Music, special issue of Soft Computing*, vol. 8(9), 2004, p. 611-616.

✓ Marc Chemillier, *Les Mathématiques naturelles*, Odile Jacob, 2007.

✓ Marc Chemillier et Gérard Assayag, OMax : présentation multimédia des recherches sur l'improvisation et l'ordinateur de l'Ircam et de la Cie Lubat, *Musimédiane*, numéro 3 *"Musiques non écrites"*, mai 2008
https://www.musimediane.com/numero3/chemillier/chemillier01.html
Animation multimédia :
http://ehess.modelisationsavoirs.fr/lubat/mediation/index.html

✓ Marc Chemillier, *De la musique aux mathématiques… et réciproquement*, vidéo pour le site VidéoDiMath, 2017 :
http://video.math.cnrs.fr/de-la-musique-aux-mathematiques-et-reciproquement/

✓ Marc Chemillier, De la simulation dans l'approche anthropologique des savoirs relevant de l'oralité : le cas de la musique traité avec le logiciel Djazz et le cas de la divination, *Transposition, Hors-série n°1, Musique, histoire, société. Les études sur la musique à l'EHESS*, 2018
https://journals.openedition.org/transposition/1685

✓ John Clough and Jack Douthett, Maximally Even Sets, *Journal of Music Theory*, Vol. 35, No. 1/2 (Spring – Autumn, 1991), p. 93-173.

✓ Godfried T. Toussaint, *The Geometry of Musical Rhythm,* Chapman and Hall/CRC, 2013.

# فقه الموسيقى في صلته بالرياضيات عند حكماء العرب الكندي والفرابي وأنسنته بالتكنولوجيا الحديثة

**أنور جعيم**
anouar_jaiem@yahoo.fr

يتطلّب فهم الموسيقى عدّة آليّات بحثيّة، وذلك للوقوف على أهمّ مميّزاتها الجماليّة، ففهم أسلوب ما تتّبعه منهجيّة معيّنة تكون مدعومة بتمش علمي يعتمد في عصرنا الحاضر على التكنولوجيا الحديثة، وخاصّة ما تقدّمه برمجيّات الحاسوب وتطبيقات الجوّال؛ لكن قبل معالجة المعلومات بالحاسب كان حكماء اليونان (كفيثاغورس [570 ق.م - 495 ق.م.]، أفلاطون [427 ق.م. - 347 ق.م.] أرسطو [384 ق.م. - 322 ق.م.]) ثم العرب بداية من العصر العباسيّ (منذ سنة 750 م.) ولعدة قرون خلت يتعاملون مع الموسيقى بما وصل إليه تطور علم اللّغة والشعر ثمّ النحو وعلم الرياضيّات كأداة أوليّة لتأسيس فقه موسيقي ينبني على أسس موضوعيّة وعلميّة.

علما بأنَّ كلمة الفِقْهُ "العلم بالشيء والفهم له، وأوتى فلانٌ فقهًا في الدين أي فهما فيه. وفقه فقها بمعنى عَلِم عِلْمًا (...) وفَقِهَ الأَمْرَ – فَقَهًا، وفِقْهًا: أحسن إدراكه. يقال: فَقِهَ عنه الكلامَ ونحْوَه: فَهِمَهُ. فهو فَقِهٌ (...) ورجل فَقِيهٌ: عالِمٌ وكل عالم بشيء فهو فَقِيهٌ (...) وفقيه العرب: عالم العرب. وتَفَقَّه تعاطى الفِقْهَ وفَاقَهْتُه إذا باحثته في العلم" (ابن منظور، 145،2012)(1).

وشاع استعمال الفقه في الشريعة الإسلاميّة ولقب العلماء بالفقهاء. ومن بين الأحاديث النّبويّة والمتفق عليه عن معاوية

"سمعت النبي صلى الله عليه وسلّم يقول: «من يرد اللّه به خيرًا يَفْقِهْهُ في الدين»"(محمد الدحيم، 1411هـ، 7) (2).

وفقه الموسيقى هو فهمها وإدراكها إدراكا جيّدا والتعمّق في خصائصها التعبيريّة والجماليّة والنظريّة؛ والفقيه في الموسيقى هو الفاعل فيها والممارس لها عزفا وغناء والذي تطرّق إلى نظريّتها وتحليل خطابها الفكريّ والوظيفيّ.

فكيف تم توظيف الرياضيّات في فقه الموسيقى العربيّة في العصر العباسيّ؟ وما هي السُّبُل المتاحة لتنفيذها أو الاستماع إلى ما توصّلت إليه النظريّات خاصّة عند يعقوب بن إسحاق الكندي (الأسعد الزواري، د.ت.، 36-37) (3) (796 م. – 875 م.) وأبو نصر محمد الفارابي (4) (الأسعد الزواري، د.ت.، 41-42) (870 م. – 950 م.) ؟

**1. علم الرياضيات والموسيقى :**

هناك أساليب مختلفة لفهم الموسيقى ومن بينها النظريّات الموسيقيّة التي تعتبر وريثة للنظريّة الفيثاغوريّة التي تقدس العدد كأهم وسيلة للتحليل؛ فهي تقوم على "علاقات التوافق النغمي على نحو رياضي بحت جعلها بعيدة عن واقع الممارسة الحسية الجمالية [...] " (سالم العيادي، 2018، 133) (5) ، فأصبح التوجه النظري ذا مكانة هامة في فهم الأشياء والوجود عبر استخدام العقل كقيمة أساسيّة في العلم. فكثرت المصنّفات النظريّة في شتى العلوم وأصبح الحديث عن الموسيقى النظريّة ومن ثمّ تعدّدت الرسائل لإيضاح الفعل الموسيقيّ عبر العلوم الصحيحة على غرار الرياضيّات والهندسة؛ فقد:

> "رفعت الموسيقى النظرية إلى مرتبة عالية وجعلت منها رؤية للوجود تؤسس لكل عمليات التعليل الكاشفة عن الوحدة القائمة بين الوجود والعقل: أي عن الجوهر العددي الساري في كل الموجودات والمحدد لمعقولياتها من ناحية ولعاقلية الإنسان من ناحية أخرى" (سالم العيادي، 2018، 144) (6).

وفي هذا السياق اسْتخدمت الرياضيّات كأداة لتحليل الموسيقى العربيّة وهي وسيلة من الوسائل المعتمدة عند حكماء العرب على غرار الكندي والفارابي وابن سيناء وذلك استنادا إلى ما وصل إليه فلاسفة اليونان وتطويع منهجيّتهم على الآلات الوتريّة على غرار العود والطنبور والرباب.

**2. العدد والنسب في رسالة الكندي في اللحون والنغم:**

ازدهرت العلوم في العصر العباسيّ وذلك عبر عمليّة ترجمة نفائس فلاسفة اليونان فانكبّ حكماء العرب على دراستها وفهمها ومحاولة تطويعها في الثقافة العربيّة الإسلاميّة، وكانت المصطلحات العلميّة أول عائق في بلورة أفكار فلاسفة العرب، فحاول الكندي تقديم تلك المصطلحات وتعريفها فهو من بين الأوائل الذين تطرّقوا الى هذا الجانب العلميّ وتكبّد عناء إدراج واستنباط مصطلحات علمية جديدة على اللغة العربيّة. إذ يقول محمد عبد الرحمان مرحبا:

> "الكندي هو أوّل مفكر عربي خاض في الموضوعات العلمية والفلسفية وعالجها باللغة العربية. فكان عليه وهو المطلع على آراء الأوائل أن يُعرّف أبناء قومه مذاهب لم يألفوها من قبل، ويتناول موضوعات جديدة لا عهد لهم بها. وقد تعثرت هذه الخطوة بكثير من العقبات كان من أشّدها إيجاد التعابير العلمية ووضع المصطلحات الفلسفية. ومن هنا عنايته الكبيرة بالتحديد والتعريف والدقة والايضاح في استعمال الألفاظ والمعاني" (محمد مرحبا، 1985، 15-16) (7).

وقد شرح الكندي في "رسالة في حدود الأشياء ورسومها" التي جاءت بعد كتاب العين لأبي عبد الرحمن الخليل بن أحمد الفراهيدي (الخليل ابن أحمد الفراهيدي، 1980) (8) (718 م. – 786 م.) وكتاب مفاتيح العلوم للخوارزمي (الخوارزمي، 1989) (9) (780 م. – 850 م.)، بعض المصطلحات ذات الصلة بالفعل الموسيقي والرياضيات على غرار:

"الإبداع: إظهار الشيء عن لبس.
الزمان: مدّة تعدها الحركة، غير ثابتة الأجزاء.

الإيقاع: فعل فصل زمان الصوت بفواصل متناسبة متشابهة.
الجذر : هو الذي إذا ضوعف مقدار ما فيه من الآحاد عاد المال الذي هو جذره.
الوقت: نهاية الزمان المفروض للعمل.
الكل: المشترك لمشتبه الأجزاء وغير المشتبه الأجزاء.
الجزء: لما فيه الكل.
الضرب: هو تضعيف أحد العددين بما في الآخر من الآحاد.
القسمة: تفريق أحد العددين على الآخر، وتفريق بعض العدد على بعضه أو غيره.
الكسر: انفصال الهيولى بأقسام كثيرة صغيرة القدر" (يعقوب الكندي، 1978، 114-121) (10).

لقد استخدم الكندي القسمة والتجزئة كأداة لتبيين النّغم على العود ومثال ذلك قوله عن طول مطلق الوتر "وتبقى مسافة الأوتار ثلاثون اصبعا، وعلى هذه الثّلاثين الاصبع تقع القسمة والتّجزئة، لأنّها المسافة المصوّتة" (يعقوب الكندي، 1965، 11) (11). وقد قدّم النّغمات على أنّها نسب عدديّة عقلانيّة يتمّ أنسنتها عبر الدساتين (12) التي توضع على العود كي تكون عمليّة ويمكن تجربتها بالعزف عليها. وقدّم بدقّة الدستان الأول ونسبته العدديّة بالمقارنة بمطلق الوتر حيث يساوي الجزء المصوّت منه على نسبة $\frac{27}{33}$ أي $\frac{9}{10}$ من طوله وذلك بقوله:

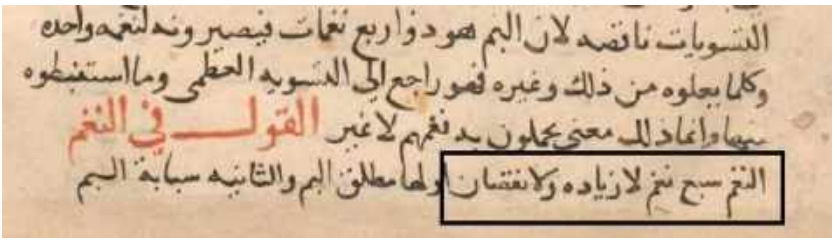
"أمّا الدّستان الأوّل الّذي تسميّه الحكماء « المفتاح » فإنّه يلي الأنف وهو الّذي تقع عليه الإصبع السّبّابة، وهو مشترك لجميع الأوتار ولا يقع عليه من الأصابع إلّا السّبّابة فقط، وتركيبه أن يقدّر ثلاث أصابع من هذه الثّلاثين" (يعقوب الكندي، 1965، 12) (13).

للعدد أهميّة كبيرة في نظريّة الكندي الموسيقيّة حيث استخدم مصطلح "العدد" سبعة مرات في "رسالة الكندي في اللّحون والنّغم" وذلك لتبيين أن النغمة يمكن أن نجدها في الديوان الموالي أو ما أصطلح بالسبع الأواخر في آلة العود ذات الأربع أوتار. ونظريّة العدد

المقترنة بالهندسة والمادّة متناصّةٌ (أنور الجعيّم، 2019، 161-162) (14) من:

> "الخصائص الهامة التي امتازت بها حكمة فيثاغورس علم العدد والحساب الممزوج بالهندسة، فهو يرى أن العدد مبدأ الوجود. وشكل هندسي منتظم منسجم، أي أن كافة الموجودات هي ذات أشكال هندسية منتظمة، والنظام والوحدة هي منشأ الوجود والكون المحيط بالانسان ونظامه العجيب الدقيق المرتكز فوق أسس رياضية عددية" (مصطفى غالب، 1981، 7-8) (15).

ويؤكّد الكندي أنّ النغم سبع بقوله "النغم سبع نغم لا زيادة ولا نقصان" (16):




وإثرها يعرض النّغمات السبع ومواضعها على أوتار العود الأربعة بقوله :

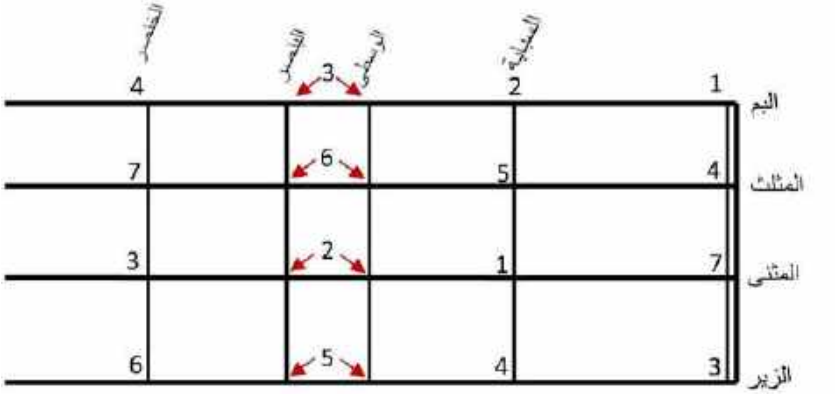
> "أمّا النّغم التّامّة الكبار المذكورة من الفلاسفة فإنّها سبع نغم: أوّلها مطلق البمّ، والثّانية سبّابة البمّ، والثّالثة وسطى البمّ أو بنصره، والرّابعة خنصر البمّ وهي أيضا مطلق المثلث، والخامسة سبّابة المثلث، والسّادسة وسطى المثلث أو بنصره، والسّابعة خنصر المثلث وهي أيضا مطلق المثنى" (يعقوب الكندي، 1965، 19) (17).

تـمّت إعادة هذه النّغمات السبع في المجموعة الثّانية أي في الدّيوان الموالي وقد عبّر عنه الكندي بمصطلح الدّائرة؛ وهي على نسبة النّصف أو كما بيّنهُ "هي في مقدار النصف" وذلك بقوله:

> "وكذلك هي السّبع النّغم فهي دائرة على نفسها أبدا : الأولى منها بعد السّابعة كالسّابعة بعد السّادسة، والسّادسة بعد الخامسة، وكلّ واحدة من النّغم السّبع الأواخر - أعنى نغم المثنى والزّير - هي في المقدار نصف لنظائرها من السّبع الأوائل - أعني نغم البمّ

والمثلث - كذلك الوتران في مقدارهما ما الدّقّة والغلظ" (يعقوب الكندي، 1965، 22) (18).

ولفهم ما طرحه الكندي ارتأينا وضع رسم بيانيّ يوضّح مواضع النّغمات على أوتار العود:




يجب أن نعلم أنّ الكندي قد طرح مقاربة رياضيّة تنبني على نظريّة الأعداد ورمزيّتها وكيفيّة تضعيفها فالتضعيف يشمل في طيّاته إعادة الآحاد في عشرات أُخر وذلك بقوله :

> "أوّلها صناعة العدد، فإنّ العشرة هو العدد الّذي ليس يعدّه عدد إلّا وهو من تضعيفه أو تضعيف أضعافه أبدا مالا نهاية، وهذا العدد - أعني العشرة - فهو مشترك للعددين جميعا - أعنى الّذي قبله والّذي بعده، أمّا الّذي قبله فهو تضعيف الآحاد فإنّه له تمام، وأمّا العدد الّذي بعده فهو له ابتداء" (يعقوب الكندي، 1965، 20) (19).

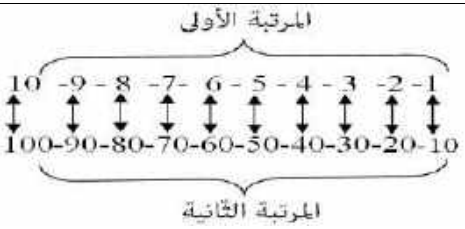
علما أن للعدد عشرة مكانة خاصة في المدرسة الفيثاغوريّة فقد وُصف على أنّه عدد مقدّس وكان مُريدو مدرسة فيثاغورس يقسمون بهذا العدد وهو ما أوضحه مصطفى غالب بقوله:

> "أما العدد 10 فقد أعطوه صفات قدسية كونه مثلث العدد أربعة، وهو مجموع الأعداد الأولية (1 + 2 + 3 + 4 = 10) وتشير بعض المصادر أنهم كانوا يقسمون بهذا العدد أي بالعشرة، كونه ممثل للكون العام" (مصطفى غالب، 1981، 37) (20).

ومن المهم الإشارة إلى وجود قسم في القرآن الكريم ذكر فيه رقم عشر: قال الله تعالى " وَالْفَجْرِ -1- وَلَيَالٍ عَشْرٍ-2- وَالشَّفْعِ وَالْوَتْرِ -3" (21).

وقد أورد الكندي العدد عشرة على أنه الأمثل لفهم العلاقة الوطيدة بين السبع الأوائل والسبع الأواخر (نغمات الدّيوان الأوّل ونغمات الدّيوان الثاني) وهو ما جاء بقوله:

> "ومثال ذلك أنّك إذا عددت واحد اثنين ثلاثة... حتّى تنتهي إلى العشرة، كانت العشرة تمام هذا العدد، ثمّ تريد المائة الّتي هي تضعيف العشرة - كما أضعفت الواحد فصار عشرة - فتبدأ من العشرة وهي بمنزلة الواحد حتّى تنتهي إلى عشرة العشرات الّتي هي المائة فقد ترى العشرة تماما للمرتبة الأولى من العدد وهو تضعيف الآحاد، وابتداء المرتبة الثّانية وهو تضعيف العشرات" (يعقوب الكندي، 1965، 20) (22).

| النص | الشرح بالأعداد |
|---|---|
| "ومثال ذلك أنك إذا عددت واحد اثنين ثلاثة... حتى تنتهي إلى العشرة" | 10-9-8-7-6-5-4-3-2-1 |
| "المائة الّتي هي تضعيف العشرة" | $100 = 10 \times 10$ |
| "كما أضعفت الواحد فصار عشرة" | $10 = 10 \times 1$ |
| "فتبدأ من العشرة وهي بمنزلة الواحد حتّى تنتهي إلى عشرة العشرات الّتي هي المائة" | 100-90-80-70-60-50-40-30-20-10- |
| "فقد ترى العشرة تماما للمرتبة الأولى من العدد وهو تضعيف الآحاد، وابتداء المرتبة الثّانية وهو تضعيف العشرات" |  |

فمثلا تعاد الأعداد من واحد إلى عشرة 1-2 -3-4-5-6-7-8-9-10 في منزلة العشرات على غرار 10-20-30-40-50-60-70-80-90-100. وبهذا المنطق تمكّن الكندي من تبيين علاقة السبع الأوائل والسبع الأواخر (نغمات الدّيوان الأوّل ونظيراتها في الدّيوان الثّاني).

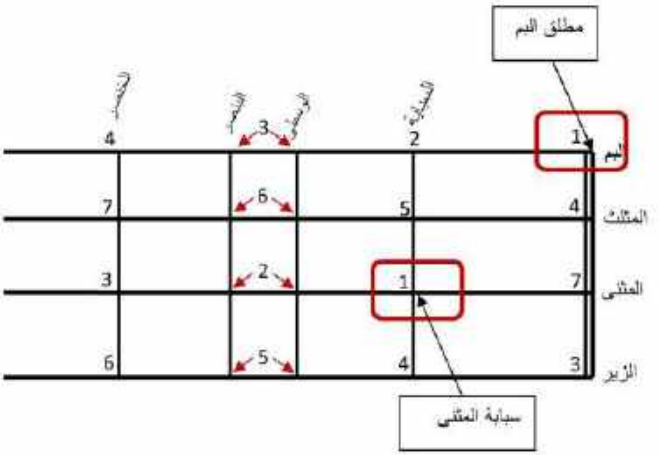
وأوضح علاقة النّغمات الأولى أو ما عبّر عنه بـ"السبع الأوائل" بالمجموعة الثّانية من النّغمات أو ما رمز إليه بـ"السبع الأواخر" وذلك بالاستنجاد بالعلاقة العدديّة وهو مقدار النصف أي: $\frac{1}{2}$ وترمز هذه النسبة البعد الذي بالكل أو ما نعبر عنه في عصرنا الحاضر بالديوان أو الأوكتاف (octave) وهذا التمشي هو في حد ذاته مساير لتطوّر علم الرياضيّات وتأقلمه مع الظاهرة الصوتيّة الّتي تعتبر من أصعب الظواهر تفسيرا واستبيانا وهو مستوحى من المدرسة الفيثاغوريّة الّتي ساهمت في بلورة فلسفة العدد وقيمته في العلوم.

فَقَد نظر فيثاغورس:

> "إلى الوجود متمثلا بصورتين ذواتي وجه واحد: فالأشياء إما أن تكون أعدادا أو أنها تحاكي العدد، وأن هذه الأعداد لا تفارق الأشياء كونها متحدة بها، لذلك فالعالم كله باعتقاده ليس سوى انسجام بين نغم وعدد" (مصطفى غالب، 1981، 7) (23).

إنّ النِسَب التي ذكرها الكندي في رسالته تبيّن هذه العلاقة الوطيدة بين المادة والعدد، إذ أنّ النّغمات هي نسب عدديّة مرتبطة بأوتار العود. فالأخيرة مادّةٌ متّحدة بالعدد ومن خلالها يمكن تفسير النّغم على غرار دستان السّبّابة الذي "يقدّر ثلاث أصابع من هذه الثّلاثين التي هي طول الوتر" (يعقوب الكندي، 1965، 12) (24). فالجزء المصوت للوتر بمقدار 30-3 = 27 اصبعا من طول الوتر $\frac{27}{30}$ وهي تساوي نسبة $\frac{9}{10}$ .

ولكن اختيار طول الوتر بـ 33 إصبعا ووضع الدستان الأول على نسبة $\frac{27}{33}$ يحولنا إلى إشكاليّة في تمشي الكندي العدديّ. حيث لا يتطابق دستان السّبّابة في وتر المثنى بمقدار النّصف لمطلق البم.



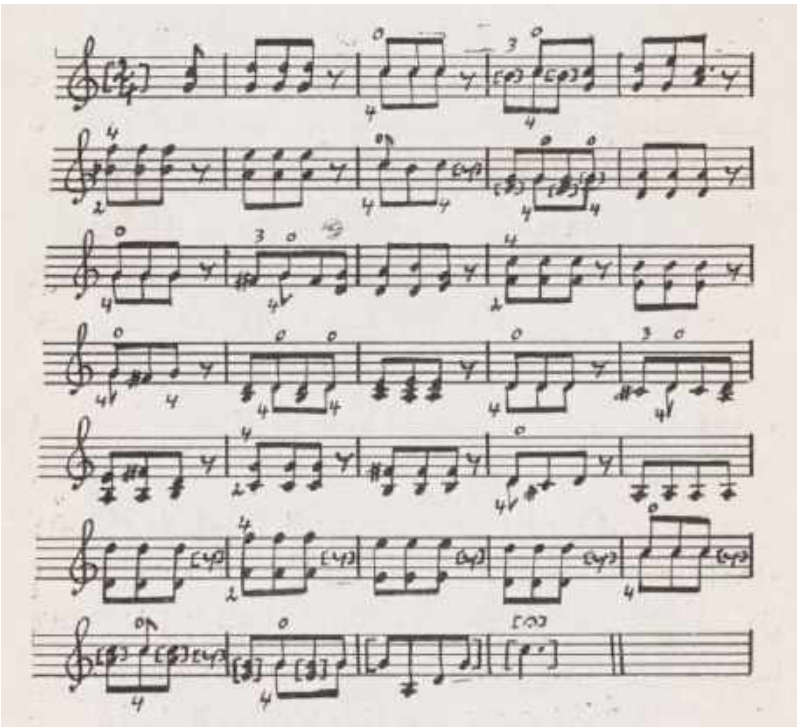

إن مطلق المثلث على نسبة $\frac{3}{4}$ من مطلق البم ومطلق المثنى على نسبة $\frac{3}{4}$ من مطلق المثلث ودستان السّبّابة على نسبة $\frac{9}{10}$ ، وحسب هذه النسب يمكننا إيجاد نسبة سبّابة المثنى مقارنة بمطلق البم وهي: $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{9}{10} = \frac{81}{160}$ ، وهذه النتيجة $= \frac{160}{81}$ 1,975 لا تساوي نسبة النّصف $\frac{1}{2}$ أي $\frac{2}{1} =$ 2. فإذا افترضنا أن مطلق وتر البم هو على ذبذبة 220 هرتز (A3) فإنّ سبابة المثنى ستساوي إذن 220 × $\frac{160}{81} =$ 434,567 هرتز وهي ذبذبة تختلف عن 220 × 2= 440 هرتز (A4).

وعلى هذا الأساس، "إنّ تعداد النّغم بالطّريقة الّتي يقدّمها الكندي يبدو خاصّا به، وهو متأتّ دون شكّ من ترجمة تلك النّظريّة على العود" (أنس غراب، 2015، 122) (25).

ولكن لا يمكننا الاستماع إلى ما تقدّم من نغمات إلّا إذا حوّلنا تلك النسب إلى أصوات ونغمات، ففي تحقيقه للرّسالة الشّرفيّة في النّسب التأليفية لصفي الدين الأرموي أرفق محمد الأسعد قريعة للنص نماذج صوتيّة في قرصين ليزرين ليتسنى للمُطَّلع على الرسالة فهم التحقيق عبر الاستماع إلى الأجناس والأدوار التي ذكرها الأرموي، وكانت منهجيّة

محمد الأسعد قريعة تقوم على تعديل "الأورغ درجة درجة بحسب المقادير التي وضعها صفي الدين" (26) ثم قام بتسجيلها درجة درجة، فقد استنجد الباحث بالتكنولوجيا الحديثة والمتمثلة في آلة إلكترونيّة تقوم بتغيير ذبذبة النغمات وتعديل الدرجات وهي منهجيّة مضنيّة وصعبة (صفي الدين الأرموي، 2009) (27).

نشر زكريا يوسف سنة 1962 مدونة موسيقيّة للكندي تحت عنوان : أقدم وثيقة موسيقيّة للحن مدون عند العرب من القرن الثالث للهجرة تمرين للضرب على العود. وقد استنجد بالتدوين الموسيقي الغربي، وهي من الطرق التي يَلتجئُ إليها جلّ الباحثين في الموسيقى كي يعطوا فكرة تقترب نوعا ما من الفعل الموسيقيّ رغم ما لهذه الطريقة من هنات لأنها لا تستطيع تقديم الفعل الموسيقيّ بكلّ خصائصه ومميّزاته. وخير دليل على ذلك ما جاء في أعمال المؤتمر الدولي السادس "جدليّة النصّ والخطاب: إشكاليات التدوين الموسيقيّ والتوثيق" (28) حيث نلاحظ الكمّ الهائل من المحاولات لتدوين الموسيقىّ العربية والموسيقات ذات التقاليد الشفويّة وإدراج بعض الرموز غير التقليديّة في الكتابة الموسيقيّة المعاصرة، وما وصل إليه هذا المؤتمر من نتائج تقرّ جلّها عدم قدرة التدوين الموسيقيّ الكلاسيكيّ الغربيّ للدلالة على الخطاب الموسيقي الشفوي على غرار المقال "هل يمكن تدوين التقنيات الخصوصيّة للعزف على آلة الكمنجة في التجربة المغربيّة" (أنور الجعيّم، 2018، 129-138) (29).

وعلى الرغم من هنات التدوين الموسيقيّ إلاّ أنّنا قمنا بكتابة المدونة الموسيقيّة عبر برمجة (MuseScore 2.1) قصد تحويل النص إلى ملف "ميدي" (midi) ومن ثمّ تغيير الجرس (آلة العود) لكي نستمع إلى تمرين للضرب على العود في العصر العبّاسيّ.

يعقوب بن اسحق الكندي
تمرين للضرب على العود تدوين زكريا يوسف (يعقوب الكندي، 1965، 31) (30)

### 3. العدد والنسب على آلة الرباب عند الفارابي:

بعد حوالي القرن والنّصف من كتابات الكندي (المتوفي سنة 796 م.) جاء الحديث عن الموسيقى في إحصاء العلوم للفارابي (المتوفي سنة 950) في الفصل الثالث المعنون بـ"علم التعاليم" وذلك بعد التّطرّق إلى علم العدد، علم الهندسة، علم المناظر وعلم النّجوم؛ فإدراج الموسيقى في إحصاء العلوم وذكرها مع العلوم الأخرى هو إقرار بأنّ لها مكانة علميّة قيّمة؛ وقد قسّمها الفارابي إلى فرعين فرع يعنى بالموسيقى العمليّة والثاني بالموسيقى النظريّة حيث قال:

"فالموسيقى العملية هي التي شأنها أن توجد أصناف الألحان محسوسة في الآلات التي لها أعدت إما بالطبع وإما بالصناعة (...) والنظرية تعطي علمها وهي معقولة؛ وتعطي أسباب كل ما تأتلف منه الألحان، لا على أنّها في مادة بل على الإطلاق، وعلى أنها منتزعة من كل آلة وكل مادة، وتأخذها على أنها مسموعة على العموم ومن أي آلة اتفقت ومن أي جسم اتفق" (أبو نصر الفارابي، 1991، 29) (31).

لقد وصف الفارابي آلة الرباب في كتاب الموسيقى الكبير، بأنّها تنتمي إلى الآلات التي "يَحدُث فيها النّغمُ بأَن يُجَرّ على أوتارِها أَوتارٌ أُخَرُ، أو ما يَقومُ مَقامَ الأَوتارِ" (أبو نصر الفارابي، 2009، 497) (32)، وهي من أكثر الآلات محاكاة للغناء، وفي هذا السّياق يقول الفارابي: "الذي يُحاكِي الحُلوقَ من الآلات ويُساوِقُها أَكثَر من غيرها هو الرَّبابُ، وأَصنافُ المَزامِير، ثمَّ العِيدانُ ثمَّ المعازِفُ وما جانَسَها" (أبو نصر الفارابي، 2009، 80) (33). ويضيف قائلا إنّ المزامير والرّباب وما جانسها

"تُحاكِي نغمَ الحُلوق بمُساوَقة أكمل (34) ، وقد يُوجَد فِيها من فُصول نغم الحُلوقِ بعضُ الأصوات الانفِعاليَّة فَيُحاكَى بها محاكاةً ما، فأمَّا على التّمام، فلا مِثلَ ما في الرَّباب والسُّرناياتِ (35) وما جانَسَها" (أبو نصر الفارابي، 2009، 80) (36).

ولقد خصص في كتابه بابا يُعنى بالرّباب وكانت منهجيّته في التعريف بها كالآتي:

✓ <u>ذكر اسم الآلة وصنفها:</u>

الرّباب "من الآلاتِ التي تُستَخرجُ نَغَمُها بقِسمةِ الأوتارِ التي تُستَعمل فيها" (أبو نصر الفارابي، 2009، 800-801) (37)؛ وقسمة الأوتار تعني حسب غطاس عبد الملك خشبة استخراج النغم من أجزاء الوتر مما يلي طوله المطلق. ولا توجد في الرّباب علامات تحت الأوتار تحدد مواضع الأصابع لاستخراج النغمات التي تعرف بالدّساتين.

✓ عدد الأوتار وتسويتها:

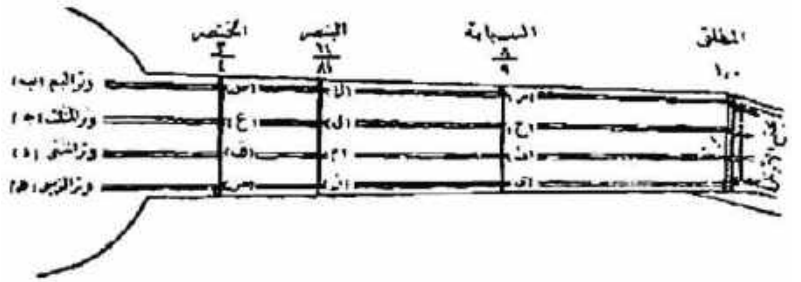
"فربّما استُعمِل فيها وترٌ واحدٌ، وربَّما استُعمِل اثنانِ مُتَساوِيا الغِلَظِ، وربَّما استُعمِل وترانِ مُتفاضِلا الغِلَظِ (...)" (أبو نصر الفارابي، 2009، 800-801) (38) "وكثيرًا ما يَستعمِلون فيها أربعةَ أوتارٍ" (أبو نصر الفارابي، 2009، 801) (39).

ويمكننا استنتاج وجود أنواع متعدّدة من هذه الآلة في عهد الفارابي من ذلك أنّ كلّ رباب متكوّن من عدد متفاوت من الأوتار (وتر واحد، وتران فأربعة) وبتسوية مختلفة؛ فلكلّ منها دور خاص لتنفيذ الأسلوب المرجو منه.

وإذا أخذنا بعين الاعتبار ما طرحه الفارابي بشأن الرّباب ذي الوترين بقوله: "وربّما استعمل وتران مُتفاضلا الغِلَظ، ويُجعَلُ أزيدهما غِلَظا حاله في هذه الآلة كحال المثلث في العود، وحالُ الأنقصِ غِلظا في هذه الآلة كحال المثنى في العود" (أبو نصر الفارابي، 2009، 801) (40)، فإنّ تسوية الرباب ذي الوترين تكون كما يلي:

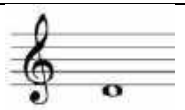
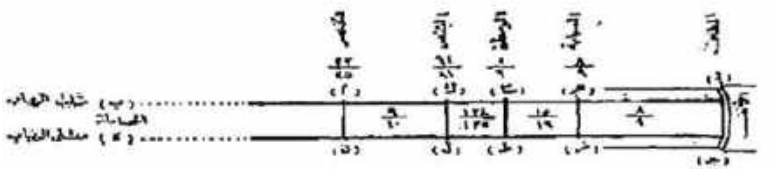
- يقابل الوتر الأزيد غلظا المثلث في العود.
- يقابل الوتر الأقل غلظا المثنى في العود.

إنّ التسوية المشهورة في العود (41) هي أن تكون المسافة اللحنيّة بين كل وترين على نسبة $\frac{3}{4}$ من مطلق الوتر الأغلظ أي بمسافة الرباعيّة: البعد الذي بالأربعة.



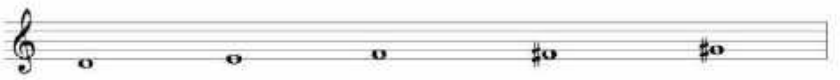
رسم بياني لأوتار العود (أبو نصر الفارابي، 2009، 505) (42)

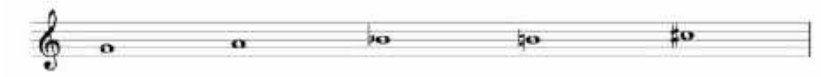
فإذا افترضنا أن مطلق وتر البم هو درجة "لا" على ذبذبة 220 هرتز تصبح ذبذبة المثلث $\frac{4}{3}$ x 220 = 293,33333 هرتز أي نغمة "ري"، وذبذبة وتر المثنى $\frac{4}{3}$ x 293,33333 = 391,11111 هرتز أي درجة "صول".

| تسوية أوتار الرباب حسب الفارابي | | |
|---|---|---|
| اسم الوتر | الدرجة الموسيقية | الذبذبة |
| الوتر الأغلظ | | 293,33333 هرتز |
| الوتر الأقل غلظا | | 391,11111 هرتز |



أماكن النغمات المعتادة في الرباب (أبو نصر الفارابي، 2009، 803)
(43)

| ذبذبة النغمات في الأماكن المعتادة لآلة الرباب | | | |
|---|---|---|---|
| الأمكنة | النسبة | الذبذبة على وتر المثلث "ري" | الذبذبة على المثنى "صول" |
| السبابة | $\frac{8}{9}$ من طول الوتر | $\frac{9}{8} \times 293,33333 =$ 330 هرتز | $\frac{9}{8} \times 391,11111 = 440$ هرتز |
| الوسطى | $\frac{5}{6}$ من طول الوتر | $\frac{6}{5} \times 293,33333 = 352$ هرتز | $\frac{6}{5} \times 391,11111 =$ 469,33333 هرتز |
| البنصر | $\frac{8}{9}$ من السبابة إلى الحاملة | $\frac{9}{8} \times 330 = 371,25$ هرتز | $\frac{9}{8} \times 440 = 495$ هرتز |
| الخنصر | $\frac{9}{10}$ من البنصر إلى الحاملة | $\frac{10}{9} \times 371,25 = 412,5$ هرتز | $\frac{10}{9} \times 496 = 550$ هرتز |

النغمات على وتر المثلث:

مطلق الوتر السبابة الوسطى البنصر الخنصر

النغمات على وتر المثنى:

مطلق الوتر السبابة الوسطى البنصر الخنصر

بالإمكان في عصرنا الحاليّ الاستماع إلى نغمات آلة الرباب حسب ما جاء عند الفارابي وذلك بإدخال بيانات كل درجة وذبذباتها في مُوَلِّد

للصوت "Tone Generator " على غرار مولد للصوت عبر الانترنات "Online Tone Generator" (44).

بعد وضع كل البيانات يمكن فهم المجال الصوتي والنغمات الموسيقيّة وعلاقتها بأصابع اليد وشكل الآلة.

**الخاتمة:**

للعلوم مكانة خاصّة عند الكندي والفارابي وقد استخدما الرّياضيّات والنّسب لإبراز الدرجات الموسيقيّة أو ما يعبر عنه بالنغمات على الآلات الوتريّة وهو تمش نظري يمكن من خلاله الاقتراب من الواقع الموسيقيّ في العصر العباسيّ؛ ومن خلال التكنولوجيا الحديثة يمكن للباحث التعمق في الرسائل والمخطوطات وتقديم صورة عن الخطاب الموسيقيّ في ذلك العصر.

وقد اعتمدت منهجيّة النظريّة الموسيقيّة عند فلاسفة العرب على ما جاء في المدرسة اليونانيّة وأَقْلَمَتُها على الموسيقى العربيّة المختلفة عن نظيرتها اليونانيّة وهو ما شكّل في بعض الأحيان تناقضا بين الممارسة والعلم النظريّ والتعبير الجماليّ. ورغم هذه الإشكاليات يعتبر كل ما جاء في كتابات الكندي والفارابي كنزا من المعلومات والأطروحات الفلسفيّة التي تقرّ بأهميّة الموسيقى في الحياة الاجتماعية والبحوث العلميّة.

وتساهم برامج الحاسوب وتطبيقات الحاسب ومواقع شبكة الانترانت في الإنشائيّة الموسيقيّة وبإعادة صياغة المدونات وكشف ما توصل إليه حكماء العرب وهو مبحث هام في مجال العلوم الموسيقيّة وذلك عن طريق تقديم إمكانيات متطورة يمكننا تقديم الخطاب

الموسيقيّ العربيّ بحُلّة جديدة ومحاكاة الفعل الموسيقي في العصور القديمة كالعصر العبّاسيّ.

## الهوامش والمراجع:

(1) ابن منظور، **لسان العرب**، القاهرة، دارالحديث، 2012، الجزء السابع، ص. 145.

(2) الدحيم (محمد بن صالح بن علي)، **جزء في جمع طرق حديث "من يرد الله به خيراً يفقه في الدين"**، القصيم، مكتبة دار الأرقم، 1411 هـ، ص. 7.

(3) ZOUARI (Lassaad), **Les rythmes dans les musiques arabes traditionnelles**, Sfax, Med Ali Editions, s.d., p.p. 36-37.

(4) Ibid., p.p. 41-42.

(5) العيادي (سالم)، **فلسفة الموسيقى عند الفارابي**، صفاقس، مكتبة علاء الدين، 2018، ص. 133.

(6) المصدر نفسه، ص. 144.

(7) محمد عبد الرحمان مرحبا، **الكندي فلسفته – منتخبات**، بيروت، الطبعة الأولى، منشورات عويدات، 1985، ص.ص. 15-16.

(8) الفراهيدي (الخليل بن أحمد)، **كتاب العين**، تحقيق مهدي المخزومي وإبراهيم السامرائي، الهلال، دار ومكتبة 1980 م.

(9) الخوارزمي، **مفاتيح العلوم**، تحقيق: إبراهيم الأبياري، بيروت، الطبعة الثانية، دار الكتاب العربي، 1989 م.، 284 ص.

(10) الكندي (أبي يوسف يعقوب بن إسحاق)، **رسالة في حدود الأشياء ورسومها**، في رسائل الكندي الفلسفيّة، تحقيق: ريدة (محمد عبد الهادي أبو)، القاهرة، الطبعة الثانية، مطبعة حسّان، 1978، ص.ص. 114-121.

(11) الكندي (أبي يوسف يعقوب بن اسحق)، **رسالة الكندي في اللّحون والنّغم**، تحقيق، زكريّا يوسف، بغداد، مطبعة شفيق، 1965، ص. 11.

(12) الدساتين: مفردها دستان، لفظ فارسي يقابله في اللغة العربية عتب، "وهي علامات تحدّد أقسام الوتر في الأماكن التي منها تستخرج النغم": الفارابي (أبو نصر محمد بن محمد بن طرخان)، **كتاب الموسيقى الكبير**، تحقيق وشرح غطّاس عبد الملك خشبة، القاهرة، مطبعة دار الكتب والوثائق القومية، 2009، ص. 498.

(13) الكندي (أبي يوسف يعقوب بن اسحق)، العنوان السابق، 1965، ص. 12.

(14) انظر تعريف التناص في: الجعيم (أنور)، **أنواع التناص عند محمد عبد الوهاب**، التناص الموسيقي قراءة في تشكل المضامين وأبعادها الدلالية، كتاب المؤتمر الدولي السابع حول تحليل الخطاب الموسيقي، تقديم: مصطفى الطرابلسي وإشراف الأسعد الزواري، أفريل، صفاقس، 2019، ص.ص. 161-162.

(15) غالب (مصطفى)، **فيثاغورس**، بيروت، دار ومكتبة الهلال، 1981، ص.ص.7-8.

(16) المكتبة الوطنيّة - برلين (ألمانيا):

https://digital-beta.staatsbibliothek-berlin.de/werkansicht?PPN=PPN873675460&PHYSID=PHYS_0055&DMDID=DMDLOG_0005, consulté le 1 février 2020, consulté le 2 février 2020.

(17) الكندي (أبي يوسف يعقوب بن اسحق)، العنوان السابق، ص. 19.

(18) المصدر نفسه، ص. 22.

(19) المصدر نفسه، ص. 20.
(20) غالب (مصطفى)، **فيثاغورس**، بيروت، دار ومكتبة الهلال، 1981، ص. 37.
(21) سورة الفجر الآيات من 1 إلى 3.
(22) الكندي (أبي يوسف يعقوب بن اسحق)، العنوان السابق، ص. 20.
(23) غالب (مصطفى)، **فيثاغورس**، بيروت، دار ومكتبة الهلال، 1981، ص.7.
(24) الكندي (أبي يوسف يعقوب بن اسحق)، العنوان السابق، ص. 12.
(25) غراب (أنس)، مؤلفات الكندي الموسيقيّة ومعطيات أوّليّة حول علاقتها بالمصادر الإغريقيّة، الكندي وفلسفته، أعمال مهداة إلى محمد المصباحي – تنسيق سعيد البوسكلاوي، وجدة: كلّية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الأول، وجدة، 2015، سلسلة الندوات والأيّام الدراسيّة، ص. 122.
(26) قريعة (محمد الأسعد)، محادثة خاصة بالبحث، عبر شبكة التواصل Messenger، يوم 8 نوفمبر 2019.
(27) الأرموي (صفي الدين)، **الرسالة الشرفية في النسب التأليفية**، تحقيق وشرح: قريعة (محمد الأسعد)، مراجعة وتصدير محمود قطاط، تونس، مركز الموسيقى العربيّة والمتوسّطيّة، 2009.
(28) جدلية النص والخطاب: إشكاليات التدوين الموسيقي والتوثيق، إشراف وتقديم: الأسعد الزواري، كتاب أعمال المؤتمر الدولي السادس لتحليل الخطاب الموسيقي، صفاقس، المعهد العالي للموسيقى بصفاقس، أفريل 2018.
(29) الجعيّم (أنور)، **هل يمكن تدوين التقنيات الخصوصية للعزف على آلة الكمنجة في التجربة المغربيّة**، كتاب أعمال المؤتمر الدولي السادس لتحليل الخطاب الموسيقي، جدلية النص والخطاب: إشكاليات التدوين الموسيقي والتوثيق، إشراف وتقديم: الأسعد الزواري، صفاقس، المعهد العالي للموسيقى بصفاقس، أفريل 2018، ص.ص. 129-138.
(30) الكندي (أبي يوسف يعقوب بن اسحق)، العنوان السابق، ص. 31.
(31) الفارابي، **إحصاء العلوم**، بيروت، مركز الإنماء القومي، 1991، ص. 29.
(32) الفارابي (أبو نصر محمد بن محمد بن طرخان)، **كتاب الموسيقى الكبير**، تحقيق وشرح غطّاس عبد الملك خشبة، القاهرة، مطبعة دار الكتب والوثائق القومية، 2009، ص. 497.
(33) المصدر نفسه، ص. 80.
(34) أكمل من الدفوف وما شابهها من الآلات.
(35) "السُّرناياتِ: مفردها سرناي، وهو صنف من المزمار، أو هو المزمار البلدي أو التركي"، غطاس عبد الملك خشبة، في الفارابي (أبو نصر محمد بن محمد بن طرخان)، العنوان السابق، ص. 80.
(36) الفارابي (أبو نصر محمد بن محمد بن طرخان)، العنوان السابق، ص. 80.
(37) المصدر نفسه، ص.ص. 800-801.
(38) المصدر نفسه، ص.ص. 800-801.
(39) المصدر نفسه، ص. 801.
(40) المصدر نفسه، ص. 801.
(41) "فالوضعُ المشهور، هو أن تُجعَل نغمةُ خِنصَرِ كلِّ وترٍ مُساوِيةً لنغمةِ مُطلَقِ ما تَحتَه، فيكون صِياحُ مُطلَقِ البَمِّ نغمةَ سبّابةِ المَثنى"، في: المصدر نفسه، ص. 597.
(42) المصدر نفسه، 2009،ص. 505.
(43) المصدر نفسه، ص. 803.
(44) https://www.szynalski.com/tone-generator/, consulté le 08/02/2020.

# التحليل النغمي والإحصائيات الخوارزمية للطبوع التونسية:
## دراسة تحليلية موسيقية "للعروبي" في طبع «رَصْد الذّيل» من «فُوندُو» "فْراق غْزَالِي" بصوت صليحة

حلمي بنصير
helmi.bensir@isms.usf.tn

اهتمّ علم الموسيقى التحليلي بمنهجيات التحليل التي تمسّ الفعل الموسيقي وما يتضمنه من أشكال ورموز تترجم قِيَما زمنية ومعايير صوتية. وقد أثبتت الدراسات العلمية التحليلية-الموسيقية السابقة باستعمال المقاربة الخوارزمية الحسابية الفيثاغورية والأكوستكية وجود تفاعل بين العناصر اللحنية المكونة للمسار اللحني والتمشي المقامي للخطاب الموسيقي (حلمي بنصير، 2017، 205) (1) أو ما أصطلح عليه سابقا ب"اللسان المقامي"(الأسعد الزواري، 2016، 14) (2). وقد تنامت في عصرنا هذه الوسائل التحليلية الموسيقية الرقمية وتنوعت إمكانيات توظيفها في الموسيقات ذات الخصائص التعبيرية المقامية بهدف استخراج الخصوصيات اللحنية mélodiques، والمقامية ،والتركيبية- البعدية structuro-intervalliques.

وقد شهدت الموسيقى في تونس في بدايات القرن العشرين بروز عدد هام من الأعلام في مجال العزف والغناء والتلحين حيث عرف الذوق العام في ذلك العهد تطورا من خلال عناصر تعبيرية غنائية ساهمت جميعها في خلق مفهوم جديد للموسيقى التونسية شكلا ومضمونا. وللوقوف على الخصائص التعبيرية الموسيقية والمميزات التأليفية والجمالية للموسيقى التونسية في تلك الفترة، ومع التطور الذي تشهده المقاربات التحليلية من حيث الوسائل والتكنولوجيات المستعملة اليوم، وما تتيحه البرمجيات من إمكانيات

وتدقيق، سنسعى في هذه المقالة الى إبراز دور الوسائل التكنولوجية الرقمية من خلال التحليل النغمي والإحصائي الخوارزمي في الكشف عن الخصائص التعبيرية الموسيقية ومميزات التأليف الموسيقي. كما سنسعى من خلال التحليل الموسيقي المعمق لعروبي «رَصْد الذّيل» من «فُوندُو» «فْراق غْزَالِي» بصوت المطربة صليحة، وباستعمال برمجيات "برات" Praat و"سونك فيجيولايزر" Sonic Visualiser و"مونيكا" Monika، إلى استخراج مميزات التفاعل القائم بين الدّرجات المكونة للّهجة الموسيقية وتوظيفها لغايات تعبيريّة معيّنة تؤسس لمنظومة جماليّة وذوقية متميّزة.

## 1. علاقة الموسيقى بالعلوم والتكنولوجيا:

اقترنت الموسيقى منذ الحضارة الإغريقية بالعلوم الصحيحة، حيث كانت البحوث في الميدان الموسيقي ترتبط ارتباطا وثيقا بعلوم الرياضيات التي كانت بداياتها منذ القرن الخامس قبل الميلاد مع العالم والفيلسوف اليوناني "فيثاغورس" Pythagore الذي شرح السلالم الموسيقية اعتمادا على تقسيم الأبعاد، وذلك انطلاقا من الصوت المنبعث من ضرب مطرقة الحداد على السندان، ومن اهتزاز أوتار الآلات الموسيقية، وذلك بتغيير طولها. وقد تواصل هذا المنحى التنظيري والتجريبي فيما بعد مع "أفلاطون" Platon، و"أرسطو" Aristote، و"أرستيسينوس" Aristoxène، و"بطليموس" Ptolémée. (Patrice Bailhache, 2001, p.13) (3) وتعتبر النظرية الفيثاغورية حجر الأساس لنظريات السلالم الموسيقية التي عرفتها الشعوب عبر الزمن، كالسلم الدياتوني، والسلم الميزوتوني، والسلم المعدل وغيره. وتعتبر الموسيقى mousikè حسب كتابات المدرسة الفيثاغورية نشاطا شاملا متنوعا يمسّ الجوانب الفكرية والفنية والبدنية للإنسان، إضافة إلى أنّها واحدة من العلوم الكميّة Mathemata التي تضم الحساب والهندسة والموسيقى والفلك. وقد تدعّم هذا التصنيف مع الحضارة الرومانية التي اعتبرت

الموسيقى عنصرا من الرباعي[1] Quadrivium (الحساب والهندسة والموسيقى والفلك) ولتكوّن مع الثلاثي Trivium ( النحو والجدلية والبلاغة) "الفنون المتحررة السبع" les sept arts libéraux. وتواصلت البحوث عبر التاريخ وفي مختلف ربوع العالم من خلال ربط الموسيقى بمجالات معرفية وعلمية مختلفة على يد علماء أمثال "قاليلي"Gallilée ، و"بيكمان"Beeckman، و"مارسان" Mersenne و"ديكارت" Descartes، و"لايبنيدز" Leibniz، لينتهي بهم المطاف في نهاية القرن التاسع عشر إلى إنشاء مبحث جديد أطلق عليه مصطلح العلوم الموسيقية النظامية "la musicologie systématique".

ومع ظهور التكنولوجيات الحديثة خلال القرن الماضي وانخراطها في مجمل المجالات المعرفية والفنيّة، حاول العديد من الباحثين في مجال العلوم الموسيقية إيجاد علاقة تواصل بين ما توفره هذه التقنيات من إمكانيات خاصة في التأليف والتحليل الموسيقي، والبحث عن نقاط التقاء وتقارب بين أسس المنطق من جهة، والنواحي الجمالية والموسيقية (Mazzola Guerino, Ahn YunKang, 2008, p.49) (4) من جهة أخرى، والتي غالبا ما تكون مرتبطة بالموروث.

ويعود استعمال التكنولوجيات الحديثة في الميدان الموسيقي الى التجارب الأولى التي أجريت منذ خمسينيات القرن العشرين، حيث اهتم العديد من الباحثين أمثال "إيان كزينكيس" Ian Xénakis و لارجان هيلر Lejaren Hiller وليونار ازاكسون Isaacson Leonard وباربو Barbaud وكوينغ Koenig باستعمال وسائل تكنولوجية وتطبيقات الحاسوب في تحليل المؤلفات الموسيقية (محمد سيف الله بن عبد الرزاق، 2004، ص.ص.59-60) (5). وقد اعتمد توظيف هذه التكنولوجيات على منهجية التحليل الإحصائي للدرجات المكونة للأثر الموسيقي ومبدأ الاحتمالات الرياضية.(Gérard Assayag, 1999, p.49) (6)

[1] Le quadrivium se compose de l'arithmétique, la géométrie, la musique et l'astronomie

## 2. توظيف التكنولوجيات الحديثة في التحليل الموسيقي:

يحتلّ التحليل الموسيقي اليوم موقعا رياديا في توضيح مقوّمات التأليف الموسيقي، وإبراز خصائصه البنيوية والجمالية، بهدف تتبع المسار الإبداعي الإنساني والتعرف الى أهمّ ملامحه. وبالرجوع إلى مفهوم التحليل الموسيقي وأهدافه، نلاحظ اختلاف المراجع حوله وتباينها في تحديد ماهيته، حيث اعتبر عالم السيمياء "جون مولينو" John Molino في مؤلفه " Fondement symbolique de l'expérience esthétique et analyse comparée : musique, poésie, peinture" أنّ التحليل في الميدان الفني من جانبه الإبستمولوجي هو طريقة تعتمد مبدأ الاختزال والرجوع إلى المكونات البسيطة للأثر[1]

(7) ( Jean Molino, 1986, p.11). ومن جانبه يؤكد كلّ " إيان بانت" Ian Bent و"ويليام داربكين" William Drabkin أنّ قواعد التحليل الموسيقي تكمن في تحليل الجمل الموسيقية وتجزئتها لأجزاء بسيطة ومتتالية والبحث عن دورها داخل بنية تلك الجمل[2] (Ian Bent, William Drabkin, 1987, p.9) (8). إلاّ أن المؤلف الموسيقي " اسحاق سداعي" Yizhak Sadai يرى في كتابه "Traités des objets musicaux, vers une épistémologie musicale أنّ التحليل الموسيقي ليس فنًا ولا علمًا، ولكنه عمل فنيّ يشتمل على كليهما(9).

ويكمن الهدف الرئيسي من التحليل الموسيقي لأثر ما في فكّ رموز الأفكار والمعاني التي يريد المؤلف التعبير عنها من خلال

---

[1] « *... dans son sens épistémologique le plus général : l'analyse est une stratégie de réduction à des éléments simples. La séparation des niveaux, des variables des unités, répond à une volonté analytique, qui est l'esprit même de la recherche scientifique depuis ses origines et que l'on pourrait appeler l'horreur du mixte* »

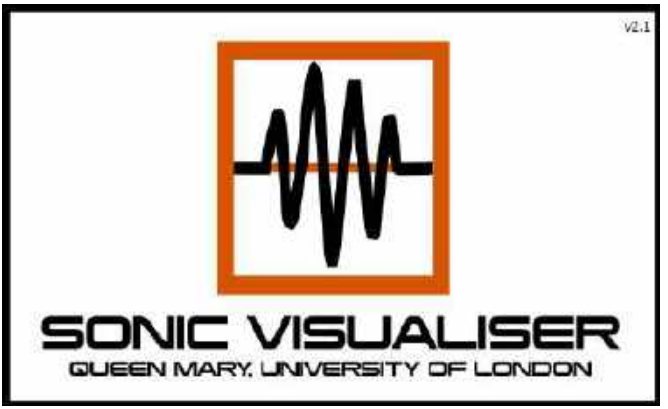
[2] « *… l'analyse musicale est la résolution d'une structure musicale en éléments constitutifs relativement plus simples, et la recherche des fonctions de ces éléments à l'intérieur de cette structure* »

استعماله لعناصر موسيقية مرتبطة بالتركيبة اللحنية والإيقاعية والتنفيذية، لذلك بات من الضروري الاعتناء بالمخزون الموسيقي وحمايته من الاندثار، والتواصل مع منابعه التأليفية بغية تطوير العمل الموسيقي وإحيائه وتجديده.

### 2. 1. التحليل النغمي

يعدّ التحليل النغمي أحد المناهج التحليلية المعتمدة في التحليل الموسيقي، حيث يمكّن هذا المنهج من قيس مسافات السلالم الموسيقية باستعمال برمجيات وتطبيقات الحاسوب في المجال الصوتي والموسيقي، وذلك بتحديد الأصوات من خلال الاهتزازات والذبذبات الموجودة في الملف المزمع تحليله (10) (Amine Bayhom, 2007,184). وأمام تنامي الإمكانيات التحليلية داخل هذه البرمجيات، أصبح بإمكان الباحثين استخراج الذبذبة الأساسية للأصواتfréquence fondamentale على اعتبار أن الطيف السمعي هو تطابق مجموعة من الذبذبات بصفة توافقية وغير توافقية، فيما تمثل الذبذبة الأساسية اللحن المسموع (أنس غراب، 2015، 2) (11). كما تعتمد الخوارزميات الحسابية les algorithmes de calcul الموجودة في هذه البرمجيات على نظرية الاحتمالات la probabilité لوجود التردد الأساسي ضمن مجموعة الترددات المكونة للصوت، واعتماد منهجية رشح الترددات filtrage fréquentiel للوصول الى عزل التردد الأساسي(12) (Amine Bayhom, 2007,184). ومن بين هذه البرمجيات نجد برمجية "سونك فيجيولايزر "Sonic Visualer، وبرمجية"برات" Praat .

وتعتبر برمجية "سونك فيجيولايزر" Sonic Visualiser من البرمجيات الخاصة بتحليل الملفات الصوتية، حيث تمكّن المستعمل من تحليل وكتابة الشكل الصوتي، واستخراج التصميم الموجي للصوت، وهي من إنشاء المركز الوطني للموسيقى الرقمية "كوين ماري" Queen Mary بجامعة لندن.




**رمز البدء للبرمجية سونيك فوجوليزر Sonic Visualiser**

وتعدّ برمجية "برات" Praat أحد البرمجيات التي تهتم بالتحليل والمعالجة الصوتية. وتستعمل هذه البرمجية أساسا في مجال التحليل والكتابة والتصميم الصوتي، وفي علم الصوت وعلم الصوت الكلامي وفي مجالات مجاورة تعتمد على المنهج الصوتي كعلم اللغة التفاعلية والأنتروبولوجيا والعلوم الموسيقية والعلوم الطبية. و قد قام بإعداد هذه التطبيقة والإشراف عليها كل من الباحثين Paul Boersma و David Weenink من معهد الصوتيات من جامعة أمستردام. (13)

**الصفحة الرسمية للبرمجية برات Praat**

### 2.2. التحليل الاحصائي الخوارزمي

تعتمد التحاليل الإحصائية على برمجيات ترتكز على دالة خوارزمية fonction algorithmique بالاعتماد على الوتيرة الكتابية للتطبيقة النظرية الأساسية VBA[1] -Visual Basic for Application -. ومن بين هذه التطبيقات الإحصائية المعتمدة في المجال الموسيقي، نجد تطبيقة Monika التي وقع استعمالها لأول مرة من الباحثة "مونيكا ستارن" Monika Stern في بحثها الاثنوموزيكولوجي حول جزر "بانتوكوت" Pentecôte (Monika Stern, 2002) (14). وتتيح هذه البرمجية استخراج مجموعة من المعطيات أهمها: تواتر الدرجات من حيث العدد، ونوعية المسافات بحساب نصف البعد صعودا ونزولا، و الانتقالات اللحنية (هلال بن عمر، 2015، 103) (15).

```
'Programme Monika
'Version 1.7
'*****************
'1.5 :  détection des erreurs de données de hauteurs; calcul de la zalzalité
'1.6 :  détection des erreurs de durées; index 2; tableau des intervalles ascendants et descendants
'1.7 :  recherche des formules pentatoniques
'
Dim note(255, 5), hn(23, 4)             'Données de notes et de hauteurs nominales
'hn(*,0): noms standard des hauteurs nominales
'hn (*,4): synonymes enharmoniques des noms de la colonne 1
'note(*,0): noms standard des notes avec indice de registre de 0 à 10 (les synonymes sont traduits)
Private i, ii, j, jj, k, kk As Integer  'Variables de compteurs
Private Offr, Offc As Integer           'Définitions des Offset row, column
Private LongueurMel, LongMel As Integer 'Longueur de la mélodie, idem sans répétitions
Private DureeMel, DureePenta, DureeDia, DureeZal  'Durées totales
Private PentaOr, Penta, Penta1, Penta2  'Origine pycnon, pourcentage, indices de pentatonicité
Private DiaOr, Dia, Dia1, Dia2    'Origine échelle de do, pourcentage, indices de diatonicité
Private ZalOr, Zal, Zal1, Zal2    'Origine, pourcentage, indices de zalzalité
Private Nhn, nPenta, nDia, nZal As Integer      'nombre de hauteurs nominales
```

**جزء من الوتيرة الكتابية لتطبيقة "مونيكا" Monika**

[1] VBA, Visual Basic for Applications, qui est le langage de programmation commun à l'ensemble des applications de Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Access, Outlook)

### 3. التحليل النغمي والإحصائيات الخوارزمية: لـ"عروبي" «رَصْد الذّيل» من «فُوندُو» «فْراق غْزَالِي»:

يعتبر قالب العروبي قسما من الأقسام المكونة للمالوف التونسي (فراس الطرابلسي، 2014، ص.8-9) (16). وقد عرّفه من الناحية الشعرية الكاتب محمد المرزوقي في كتابه "الأدب الشعبي":

> "معروف عن الناس باختصاص موضوعه إذ لا ينظم غالبا إلاّ في الأمثال والحكم وسمى (محل شاهد) وقد ينظم أحيانا في وصف الأشياء أو الأعمال أو الأشواق، وهو في عرف الشعراء لا يتجاوز الأبيات المعدودة، فإذا طال القصيد سمي قسيما" (محمد المرزوقي، 1967، ص.15) (17)

ويضيف محمد خماخم أن العروبي يقوم على أبيات من الشعر تختلف في تركيبتها وموازينها عن الشعر الفصيح، وتشتمل في الغالب على أمثال وحكم شعبية تتردد على ألسنة العامة. وتنقسم العروبيات الى أنواع فيمكن أن تكون مغناة فيسمى ب "الطواحي" ومنها ماهو غير مغنى فيسمى ب "البسيط" (محمد خماخم، 2013، ص. 75) (18):

- الطواحي: وتعني تطويل الصوت وتطريبه ويغنى عادة بنغمة مطولة تسمى الصالحي نسبة الى شخص يسمى صالح.
-البسيط: سمي هكذا لأنه بسيط من حيث التركيبة (قولا بدون نغمة) ويسرد سردا من رواته في "المحلات شاهد أو وصفا يكون مرتجلا وغير موزون.

وتضيف مخرجات المؤتمر السادس عشر للمجمع العربي للموسيقى في الجزائر أن العروبي ينحدر من "الصنعة" لمدينتي الجزائر والبليدة ويسمى "محجوز" في المالوف القسنطيني و"الحوزي" نسبة الى الغرناطي التلمساني (عارف المذيوب، 2017، ص. 75) (19) وهو غناء

يؤدى غالبا من قبل الرجال ويتركب من بيت أو ثلاثة أغصان تنتهي ب "صياح" أي إنشاد منفرد على إيقاع حرّ (محمود قطاط، 1984، ص. 16) (20). كما يسمى العروبي بالجنوب التونسي "بوساق" (محمد المرزوقي، 1967، ص.96-97) (21)، ويتركب عادة من طالع ذي غصنين متحدي القافية ثم ثلاثة أغصان ليكون ضمن وزن أو قالب الملزومة[1].

من الناحية اللحنية والغنائية، يفتتح العروبي غالبا الأغاني الشعبية مباشرة بعد استخبار آلي (منير سعيداني وسمير بشة، 2014، ص.139) (22). ويقابل العروبي في تونس الارتجال الغنائي أو الموال في الشرق، ويسمى كذلك بالليالي، حيث يتصرف المغني في مقام معين مع إمكانية تلوينه وإدخال جمل مقامية مميزة لذلك المقام، بالإضافة إلى توظيف مهارات الفنان في التلوينات المقامية وكيفية انتقاله من مقام الى آخر ( صالح المهدي، 1984، 39) (23).

وتعتبر كلمات «فُوندُو» "«فْراق غْزَالِي»" مجهولة المؤلف، حيث اختلفت المراجع عن أصله، فنسبه صالح المهدي الى الأديب الباجي المسعودي، فيما أرجعه الجزائريون الى التيفاشي القفصي، بينما يرى الباحث في الأدب الشعبي علي سعيدان أن كاتب الكلمات هو الشاعر عزيز الهلالي (منير سعيداني وسمير بشة، 2014، ص.138) (24). أما اللحن فيعود إلى الموروث الموسيقي، وقد ورد في عدّة نسخ منها نسخة أدّاها الشيخ محمد مازيغ بمصاحبة مجموعة من السعفاء، ونسخة أداء محمد الطاهر فرقاني، ونسخة أدّتها المطربة صليحة صحبة فرقة الإذاعة التونسية (منير سعيداني وسمير بشة، 2014، ص.138) (25). وجاءت عروبيات «فُوندُو» «فْراق غْزَالِي» في مواضيع ولهجات ذات طابع بدوي، ممّا خلق تمازجا نغميّا بين طبوع

1 هي قالب شعري غنائي يغنى في البوادي والارياف بالبلاد التونسية وفق قوالب لحنية متوارثة ومنتشرة على السواحل والجنوب التونسي وتتفرع الى أنواع عديدة منها البورجيلة والبورجيلة المزدوج و التباعي والبيت والعروبي.

وإيقاعات الموسيقى الشعبية والموسيقى التقليدية (مروى التركي، 2012، ص.29) (26).

## 1.3. تحليل عروبي «رَصْد الذّيل» من «فُوندُو» "«فْراق غْزَالِي»"

### 1.1.3. التحليل الشعري

بما أنّ النغم يرتبط ارتباطا وثيقا بالموضوع الشعري وكلماته، فقد ارتأينا في تحليلنا هذا الربط بين العناصر الفاعلة في الجملة أي ما يرتبط بالجانب الشعري وبطريقة النطق وطريقة تركيب النغم أو ما يطلق عليه بالملفوظ المغنى:

**كلمات عروبي «رَصْد الذّيل» من «فُوندُو» "«فْراق غْزَالِي»"**

فْرَاقْ الحْيَاة بِذْبِلْ الرُّوحْ *** وَيَا عِينْ بِالدَّمْعْ نُوحِي

نِبْكِي وِالقَلْبْ مَجْرُوحْ *** مِنْ يُومْ فَارِقْتْ رُوحِي

يُظهر الشكل الخارجي للنصّ الخارجي وجود انتظام في الأشطر الأولى للبيتين بالإضافة الى انتظام القافية:

| | | |
|---|---|---|
| ----------وحْ | *** | ----------وحِي |
| ----------وحْ | *** | ----------وحِي |

### 2.1.3. التحليل اللحني:

تعتمد طريقة التحليل اللحني على استخراج الدرجات الموسيقية المستعملة وعلاقتها ببعضها أثناء غناء النصّ الشعري وذلك باعتماد التقسيم التالي:

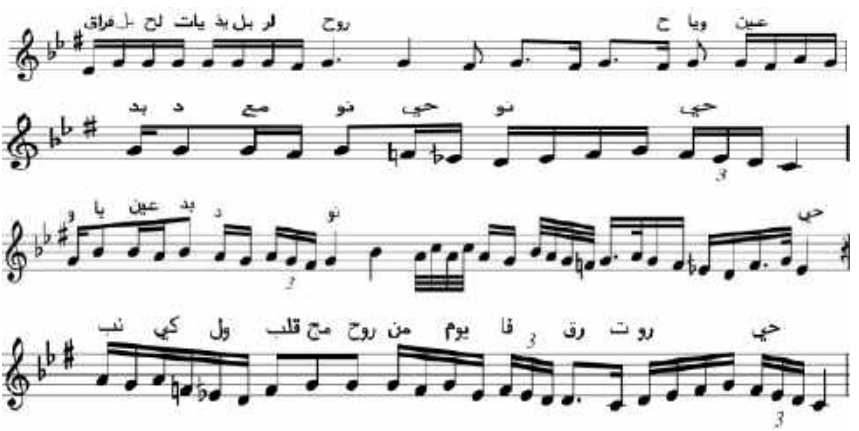
**الجملة الأولى:**

فْرَاقْ الحْيَاة يِذْبِلْ الرُّوحْ وْيَا عِينْ بِالدَّمْعْ نُوحِي

**الجملة الثانية:**

وْيَا عِينْ بِالدَّمْعْ نُوحِي

**الجملة الثالثة:**

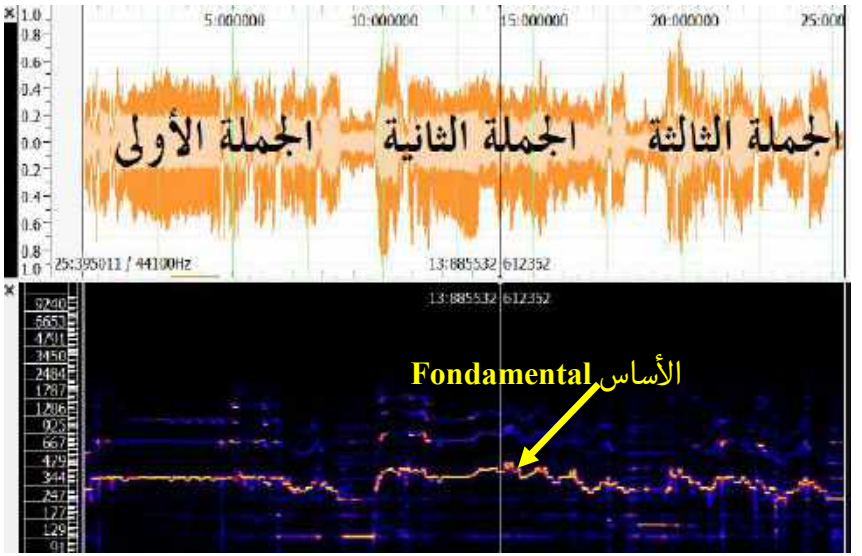
نِبْكِي وِالقَلِبْ مَجْرُوحْ مِنْ يُومْ فَارِقِتْ رُوحِي

**تدوين الجمل الثلاث من العروبي الأول «رَصْد الذّيل»**

في الجملة الاولى للعروبي الأول في طبع «رَصْد الذّيل»، اعتمدت المطربة صليحة في غنائها على جسّ درجة "النوى" بصفة متكررة وبأشكال إيقاعية متنوعة، وقامت بالتطويل في كلمة "الروح" مستعملة درجتين متجاورتين : "الحجاز" و"النوى"، وكذلك التطويل في كلمة "نوحي" في النصف الثاني من الجملة الأولى. أما في الجملة الثانية -وهي عبارة عن إعادة للنصف الثاني من الجملة الأولى-، فقد وقع تغيير مسارها اللحني لإبراز طبع "المحير السيكاه" على درجة "النوى"

ثم جنس "السيكاه" على درجة"السيكاه"، وذلك بتوظيف درجة "الجهاركاه" بدلا عن درجة "الحجاز". أما الجملة الثالثة والأخيرة فنلاحظ ركوزا باستعمال جنس «ذِيل» على درجة "الراست".

***التحليل باستعمال برمجية "سونك فيجيولايزر" *Sonic Visualiser***

تتيح برمجية "سونك فيجيولايزر" Sonic Visualiser استخراج ارتفاع تردد درجة الأساس بحساب الهرتز ومقارنتها بالتوافقات ليقع استخدامها فيما بعد في التحليل باستعمال برمجية Praat وهو ما يتجسد في الرسم البياني التالي:

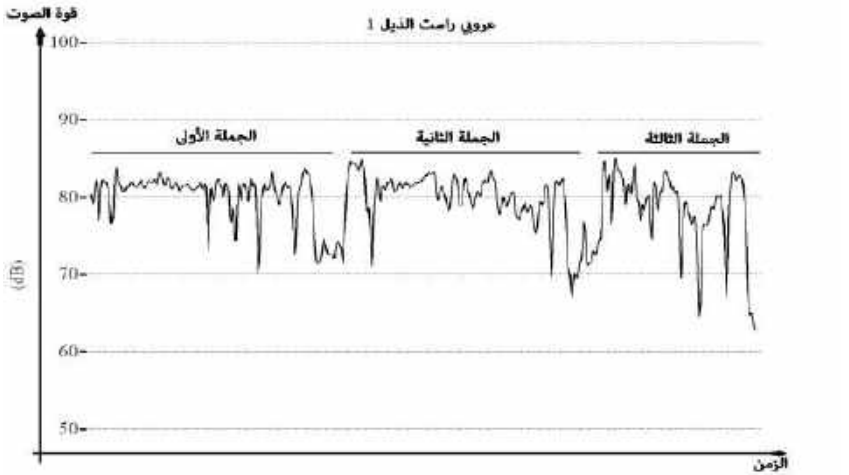



**الرسم التحليلي النغمي لارتفاع الصوت بحساب الهرتز باستعمال برمجية "سونك فيجيولايزر " Sonic Visualiser لعروبي" رصد الذيل"**

فمن خلال هذا التحليل النغمي نلاحظ أن برمجية "سونك فيجيولايزر" Sonic Visualiser قد أتاحت لنا معرفة مجال[1] تردد درجة الأساس لعروبي "رصد الذيل" التي تنحصر بين 247 هرتز و344 هرتز. فالرسم التحليلي النغمي يمكّننا من معرفة أهم الترددات المكونة للصوت وتمييز تردّد درجة الأساس[2] وتردّد التوافقات[3] ليقع استغلالها فيما بعد في التحليل باستعمال برمجية "برات" Praat .

***التحليل باستعمال برمجية "برات" *Praat***

**- معدل قوة الصوت:**




**الرسم التحليلي النغمي لقوة الصوت بحساب الديسبال باستعمال برمجية "برات" *Praat* لعروبي "رصد الذيل"**

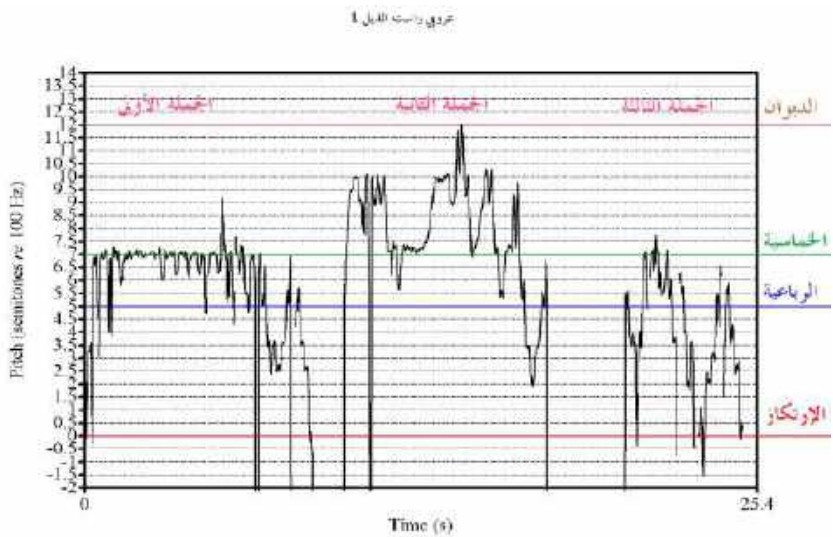
من خلال تحليل قوة الصوت ببرمجية Praat حافظت المطربة صليحة على ديناميكية أدائها الصوتي حيث انحصر صوتها طيلة أدائها لعروبي "رصد الذيل" بين 70 و85 ديسيبال وهو ما يبرز قوة صوتها

[1] Domaine de fréquences du fondamental
[2] Le fondamental
[3] Les harmoniques

وحذقها لتقنيات التنفس أثناء الأداء الصوتي وعدم تأثره بالتلوينات وتنوع الأشكال الايقاعية.

- **ارتفاع الدرجات الموسيقية:**

تتيح برمجية Praat التعرّف على ارتفاع الدرجات التي قامت المطربة صليحة بأدائها مقارنة بالدرجات النظرية للطّبع، وهو ما يترجم في الرسم التخطيطي التالي:



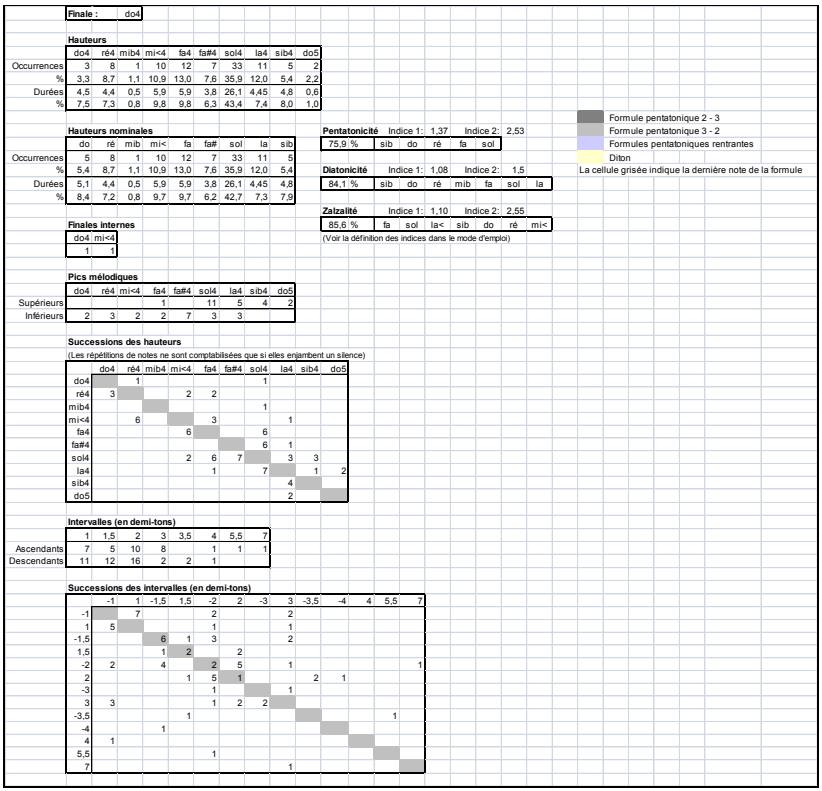

**الرسم التحليلي النغمي لارتفاع الصوت بحساب الدرجات الموسيقية للسلم المعدل باستعمال برمجية "برات" Praat لعروبي" رصد الذيل"**

من خلال هذا التحليل النغمي نلاحظ أن برمجية "برات" Praat قد أظهرت ارتفاع الدرجات الموسيقية والمسافات اللحنية التي قامت الفنانة صليحة بأدائها وهو ما يتطابق مع الدرجات النظرية للطبع. فقد أثبت لنا الرسم التحليلي النغمي سلامة الدرجات

الموسيقية والقفلات في آخر الجمل الثلاث مع ابراز التفاعل القائم بين مختلف تلك الدرجات الموسيقية وعلاقتها بالتلفظ.

***<u>التحليل باستعمال برمجية "مونيكا" *Monika*</u>**

بعد إدخال المعطيات الصوتية والإيقاعية باستعمال برمجية"مونيكا" Monika نتحصّل على النتائج التالية:

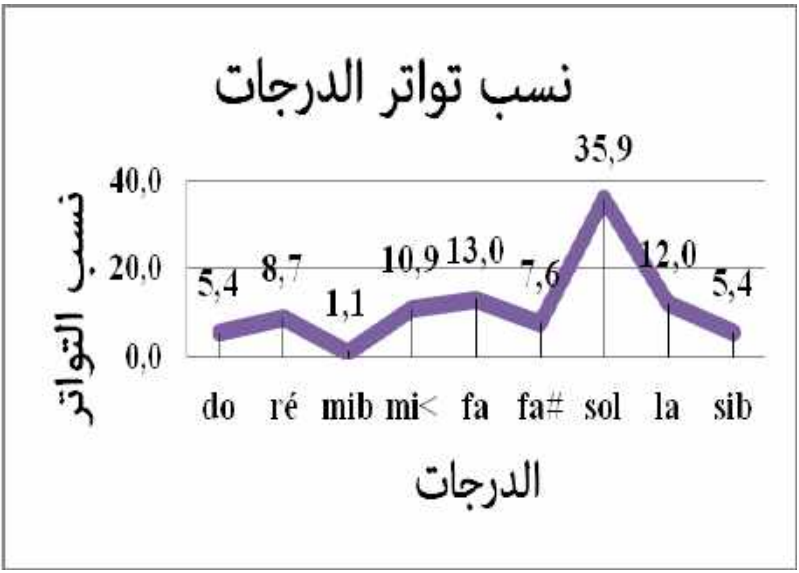



**الجانب الاحصائي لارتفاع الدرجات لعروبي "رصد الذيل" مستخرجة من برمجية "مونيكا" *Monika***

ويمكن استغلال هذه النتائج لإبراز المميزات اللحنية لهذا الطبع من خلال النقاط التالية:

- **نسب تواتر الدرجات:**

| الدرجات | do | ré | mib | mi<[1] | fa | fa# | sol | la | sib |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % | 5,4 | 8,7 | 1,1 | 10,9 | 13,0 | 7,6 | 35,9 | 12,0 | 5,4 |



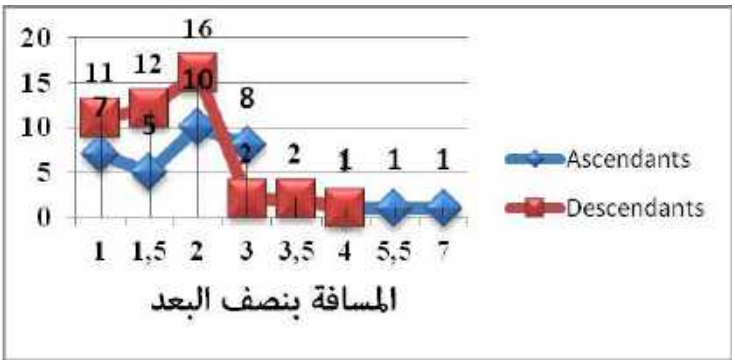

**نسبة تواتر الدرجات المستعملة في عروبي" رصد الذيل" مستخرجة من برمجية "مونيكا" *Monika***

نلاحظ من خلال الرسم البياني أن درجة الصول تحتل النسبة الأكبر من حيث التواتر عند أداء عروبي "رصد الذيل، تليها درجتا "الحسيني" و"الجهركاه" و"السيكاه" بنسب أقل.

[1] مي نصف مخفوضة

## - أنواع المسافات والانتقالات اللحنية المستعملة:

| المسافات بحساب نصف البعد | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 3,5 | 4 | 5,5 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| صعودا | 7 | 5 | 10 | 8 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| نزولا | 11 | 12 | 16 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 |




**نوعية المسافات المستعملة صعودا ونزولا في عروبي" رصد الذيل"**
**مستخرجة من برمجية "مونيكا" *Monika***

استعملت المطربة صليحة في أدائها للعروبي مسافات متنوعة أغلبها مسافة الثنائية الكبيرة سواء في الصعود أو النزول، وهو ما يبرز التمشي اللحني للطبع، وهذا ما يؤكده الجدول الموالي، حيث تحتل المسافة الثنائية بين درجتي "النوى" و"الحجاز" المرتبة الأولى. وفي المرتبة الثانية، نجد المسافة الثنائية بين درجتي "الدوكاه" و"السيكاه"، ثم "السيكاه" والجهركاه".

| | do4 | ré4 | mib4 | mi<4 | fa4 | fa#4 | sol4 | la4 | sib4 | do5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| do4 | | 1 | | | | | 1 | | | |
| ré4 | 3 | | | 2 | 2 | | | | | |
| mib4 | | | | | | | 1 | | | |
| mi<4 | | 6 | | | 3 | | | 1 | | |
| fa4 | | | | 6 | | | 6 | | | |
| fa#4 | | | | | | | 6 | 1 | | |
| sol4 | | | | 2 | 6 | 7 | | 3 | 3 | |
| la4 | | | | | 1 | | 7 | | 1 | 2 |
| sib4 | | | | | | | | 4 | | |
| do5 | | | | | | | | 2 | | |

**الانتقالات اللحنية المستعملة في عروبي" رصد الذيل" مستخرجة من برمجية "مونيكا" *Monika***

من خلال التحليل المعمق الذي اعتمد على جوانب تكنولوجية وأخرى خوارزمية، نلاحظ ان المطربة صليحة قد وُفّقت في استعمال تقنيات التنفس في أدائها للعروبي في طبع "رصد الذيل"، حيث حافظت على اعتدال قوة صوت طيلة أدائها للعروبي بهدف المحافظة على معاني النصّ الشعري، وهو ما يؤكد نتائج الدراسات السابقة (محمد الأسعد قريعة، 2014، ص.58) (27) (فاخر حكيمة، 2014، ص.119) (28). كما اعتمدت صليحة في أدائها للعروبي على نوعين من طبع "رصد الذيل": نوع يستخدم درجة "الحجاز" درجةً رابعة للسلم النّغميّ، ونوع آخر يعتمد درجة "الجهركاه"، وهو ما أكدته البحوث السابقة (الأسعد الزواري، 2006، ص.159) (29) (خديجة العفريت، 2014، ص.94) (30). كما نستنتج كذلك أن هذه المراوحة في استعمال الدرجات قد أثّرت على السياق والمسار اللحني للطبع، ممّا أفرز في التحليل وجود جنسين وهما جنس "ذيل" على درجة "الراست" وجنس "رصد الذيل" على درجة "الراست". كما بينت الإحصائيات والرسوم البيانية الدرجات المحورية للطبع، وأهم المسافات والانتقالات التي

تكوّن الهيكل والبناء اللحني والمقامي لطبع "رصد الذيل". وقد دعّم الرسم التحليلي النغمي لارتفاع الدرجات والمسافات الموسيقية باستعمال برمجية "برات" Praat ما ذهب اليه العديد من الباحثين من خلو صوت صليحة من النشاز، وسلامة الدرجات الموسيقية مع المحافظة على دقتها طيلة أدائها للعروبي و استعمالها لتلوينات عدّة كالزحلقة glissando والدعامة appogiature وغيرها في تنفيذها الغنائي (محمد الأسعد قريعة، 2014، ص.67) (31). وقد ساهمت كل هذه العناصر الموسيقية التعبيرية والتنفيذية والأسلوبية بالإضافة الى الحركات اللحنية في إبراز الخصوصيات المقاميّة للخطاب الموسيقي التونسي ومميزات اللهجة البدوية (فاخر حكيمة، 2014، ص.123) (32)

صفوة القول أن المطربة صليحة تتمتع بإمكانيات صوتية مميزة ساهمت في إبراز الخصوصيات المقامية لطبع رصد الذيل من خلال التلوينات اللحنية التي ظهرت عند أدائها للعروبي، ممّا ساهم في تحديد مقومات الخطاب الموسيقي وما يتضمنه من لهجات مقامية مرتطبة بالطبوع التونسية. كما تظهر خصوصية أداء المطربة صليحة في قدرتها على التحكّم في ارتفاع الدرجات وما يترتب عنه من اختلاف في الأبعاد الموسيقية وذلك لإبراز صنفين من طبع "رصد الذيل". وقد ساهمت الوسائل التكنولوجية والبرمجيات التحليلية في ابراز مقومات التنوع المقامي للطبوع التونسية وذلك باستخراج التتالي النغمي والمقامي suites tonales et modales في الأثر وما يتضمنه من انتقالات "ميكروتونالية" microtonales. فقد أصبحت لهذه الوسائل التكنولوجية القدرة على تحليل أنواع شتى من الموسيقات لما توفره من إمكانات دقيقة في التحليل الموسيقي لجزئيّات كانت دائما محلّ خلاف بين المختصين في هذا الموضوع. وقد أصبحت الدراسات الأكاديمية والعلمية في علم الموسيقى التحليلي مجالا بحثيا يعتمد على

ركائز علمية تجمع بين ميادين مرتبطة بالعلوم الصحيحة وبالتكنولوجيا كالرياضيات والإعلامية والفيزياء وعلم الصوتيات، بالإضافة الى ما تدركه الأذن وما يحلله العقل، حيث أصبح للباحث في العلوم الموسيقية، بفضل الحاسوب وبرمجياته، القدرة على قياس تحرك الدرجات وطبيعة السلالم الموسيقية وتنوع الاشكال الإيقاعية، ومن ثمّ دراسة الخصوصيات "الاثنوموزيكولوجية" ethnomusicologique للمجتمعات، وهو ما كان مستعصيا باعتماد الوسائل التقليدية وطرق التدوين الذاتي التي تقوم بالأساس على السّماع.

**الهوامش والمراجع:**

(1) الزواري، (الأسعد)، "تنوع أشكال القوالب الموسيقية وارتباطها بدلالات الخطاب"، المؤتمر الدّولي الرابع: "القالب والخطاب:جدلية الفصل والوصل"، صفاقس، 2016، ص. 14

(2)بنصير، حلمي، "المقاربة الخوارزمية الحسابية بين النظرية والتطبيق قياس الأبعاد الموسيقية باستخدام منهج الرسم البياني النغمي*le Tonagramme*"، المؤتمر الدّولي الرابع: "القالب والخطاب:جدلية الفصل والوصل"، صفاقس، 2017، ص. 205

(3) Bailhache, (Patrice), **Une histoire de l'acoustique musicale**, Paris : CNRS édition, 2001, p. 13

(4) GUERINO, (Mazzola), et YUNKANG, (Ahn), **La vérité du beau la musique**, éditions Deltour, France, 2008, p.49

(5) بن عبد الرزاق، محمد سيف الله، ، « توظيف الإعلامية في خدمة الموسيقى العربية»، مجلة البحث الموسيقي، المجمع العربي للموسيقى، الأردن، 2004، ص.ص.59 -60

(6) ASSAYAG, (Gérard), « Du calcul secret au calcul visuel », Interfaces homme-machine et création musicale, Paris : Hermes Science Publications, 1999, p.49

(7) Molino, (Jean), « Fondement symbolique de l'expérience esthétique et analyse comparée : musique, poésie, peinture », Analyse Musicale, Paris, 1986, p.11

(8) Bent, (Ian) et Drabkin, (William), **L'analyse musicale : histoire et méthode**, Nice, édition Main d'œuvre, 1987, p.9

(9) Sadai, (Yizhak), **Traité des sujets musicaux, vers une épistémologie musicale**, L'Harmattan, 2003, p.247

(10)BAYHOM, (Amine), « Mesures d'intervalles, méthodologie et pratique », RTMMAM n° 1, Paris, 2007, p.184

(11) غراب، (أنس)، "الاحتمالات الهرتزية كطريقة علمية لتحديد السلالم الموسيقية مثال تحليلي: قصيدة بأداء علي البراق"، جامعة كاسليك، 2015، ص. 2

(12) BAYHOM, (Amine), « Mesures d'intervalles, méthodologie et pratique », RTMMAM n° 1, Paris, 2007, p.184

(13) http://www.fon.hum.uva.nl/praat/, (02/02/2020)

(14) Stern (Monika), Les femmes, les nattes et la musique sur l'Île de Pentecôte (Vanuatu), Université de Paris Sorbonne, 2002,

(15) بن عمر، هلال، وظيفة الكمنجة في التخت التونسي: دراسة تحليلية للخصوصيات التقنية والتعبيرية، الاستخبار في طبع الحسين نموذجا"، 2015، ص. 103

رسالة بحث لنيل شهادة الدكتوراه في العلوم الثقافية اختصاص الموسيقى والعلوم الموسيقية تحت اشراف الأسعد الزواري ، المعهد العلي للموسيقى بتونس، بحث غير منشور، 2017، ص. 35

(16) الطرابلسي، (فراس)،"رصيد صليحة النائي: مدخل تصنيفي وتحليلي"، مقالات حول صليحة، تونس، النجمة الزهراء، ،2014ص.8-9

(17) المرزوقي، (محمد)، الأدب الشعبي، تونس، الدار التونسية للنشر، 1967، ص.96 -97

(18)خماخم، (محمد)، " الصيغ الغنائية للموسيقى الشعبية التونسية"، مجلة الحياة الثقافية، العدد 23، تونس، وزارة الثقافة، 2013، ص.75

(19)المذيوب، (عارف)، المسار المقامي لطبع "رصد الذيل" في بداية القرن العشرين من خلال فوند "«فْراق غْزَالِي»": دراسة تحليلية مقارنة لوايتي "فطومة "و "صليحة "، رسالة بحث لنيل شهادة الماجستير في الموسيقى والعلوم الموسيقية اختصاص اثنولوجيا الموسيقى تحت اشراف الأسعد الزواري ووجدي عليلة، المعهد العلي للموسيقى بصفاقس، بحث غير منشور، 2017، ص. 35

(20) قطاط، محمود، "التراث الموسيقي الجزائري"، مجلة الحياة الثقافية ، العدد 32، تونس: وزارة الثقافة، 1984، ص.16

(21) المرزوقي، (محمد)، الأدب الشعبي، تونس، الدار التونسية للنشر، 1967، ص.96-97

(22) السعيداني، (منير) وبشة، (سمير)، "البناء الاجتماعي للذوق الموسيقي: مقاربة موسيقولوجية سوسيولوجية لرصيد صليحة الغنائي"، مقالات حول صليحة، تونس: النجمة الزهراء، 2014، ص. 39

(23) المهدي، صالح، "تركيبة الموسيقى العربية"، مجلة الحياة الثقافية، العدد 31، تونس، وزارة الثقافة ، 1984، ص. 139

(22) السعيداني، (منير) وبشة، (سمير)، "البناء الاجتماعي للذوق الموسيقي: مقاربة موسيقولوجية سوسيولوجية لرصيد صليحة الغنائي"، مقالات حول صليحة، تونس: النجمة الزهراء، 2014، ص. 138

(25) السعيداني، (منير) وبشة، (سمير)، "البناء الاجتماعي للذوق الموسيقي: مقاربة موسيقولوجية سوسيولوجية لرصيد صليحة الغنائي"، مقالات حول صليحة، تونس: النجمة الزهراء، 2014، ص. 138

(26) التركي، مروى، القوالب الغنائية التقليدية التونسية "ال»فُوندُو»" أنموذجا، رسالة بحث لنيل شهادة الماجستير في الموسيقى والعلوم الموسيقية اختصاص اثنولوجيا الموسيقى ، المعهد العلي للموسيقى بصفاقس، بحث غير منشور، 2012، ص. 29

(27) قريعة، (محمد الأسعد)، " قراءةفي مميزات الأداء لدى صليحة" ، مقالات حول صليحة، تونس: النجمة الزهراء، 2014، ص. 58

(28) حكيمة، (فاخر)، " أثر الموروث الموسيقي "البدوي" في أسلوب أداء صليحة ، مقالات حول صليحة، تونس: النجمة الزهراء، 2014، ص. 119

(29)الزواري، (الأسعد)، الطبوع التونسية من الرواية الشفوية الى النظرية التطبيقية، صفاقس، ج.1، مطبعة التسفير الفني،2006، ص. 159

(30)العفريت، (خديجة)، " أداء صليحة ل»فُوندُو» "«فْراق غْزَالِي» ": قراءة تحليلية موسيقية، مقالات حول صليحة، تونس: النجمة الزهراء، 2014، ص. 94

(31) قريعة، (محمد الأسعد)، المرجع السابق، ص. 67

(32) حكيمة، (فاخر)، المرجع السابق، ص. 123

# آليات استعمال البرامج الرقمية في تحليل الطبوع التونسية
# (طبع الذيل نموذجا)

**خالد الجمل**
khaledjmel@yahoo.fr

يفيد الجانب التكنولوجي الباحثَ الموسيقي في معالجته لمختلف المسائل المتعلّقة بالنظام اللحني وبقضايا تدوين الموسيقات ذات التقالد الشفوية، حيث يتطلّب ذلك توفّر وسائل وبرمجيّات إعلامية قادرة على تمكينه من الوصول إلى نتائج قطعية أو تقريبية تعمل على فكّ شفرات كل ما فيه غموض. وقد يكون تدوين مختلف الأنظمة اللحنية العربية من بين أبرز القضايا المطروحة منذ انعقاد مؤتمر الموسيقى العربية بالقاهرة سنة 1932، حيث تمثّلت غايات الباحثين في معالجة الجانب النظري ليكون أكثر تطابقا وتلاؤما مع الجانب العملي والتطبيقي. ومن أهمّ الإشكاليات التي نطرحها فيما يتعلّق بالنظام الموسيقي التونسي هو دراسة مقادير الأبعاد اللحنية للطبوع التونسية، ومراجعة ومحاولة تفسير بعض الجزئيات النظرية التي قد تُعيد النظر في حقيقة البعد النظري للسلم الموسيقي التونسي.

في هذا الإطار، يلاحظ الناظر إلى النظامين الموسيقيين التركي والإيراني وجود بعض الدراسات التي عملت على إيجاد صيغ عددية وفيزيائية تضبط سلالم المقامات الموسيقية. ونذكر في هذا السياق، دراسة رؤوف يكتا[1]، وكتاب "الدليل الموسيقي للمقامات التركية «*Turkish Music Makam Guide*»[2] لـ"مراد أيدمير «*Murat Aydemir*» الذي قدّم فيه مختلف الأبعاد اللحنية التي يتم اعتمادها في تدوين كل مقام موسيقي. كما نذكر دراسة مهدي برقشلي الفيزيائية لمقامات الموسيقى الإيرانية.[3]

نتيجة لذلك، قد يحق لنا طرح بعض التساؤلات من ضمنها كيفية تدوين الدرجات المقامية لبعض الطبوع كالذيل والصيكة، إضافة إلى معرفة طبيعة مقدار البعد الطنيني في كل من طبع الرصد والنوى والمزموم أكان بعدا طنينيا كبيرا 8/9 أو صغيرا 9/10. وقد نتساءل في هذا السياق، عن إمكانية الوصول إلى تثبيت أبعاد السلّم الموسيقي التونسي عموما ومقادير أبعاد الطبوع التونسية من خلال توفّر الوسائل التكنولوجية وبرامج التحليل الرقمية، وعن مدى إمكانيّة توظيف برامج التحليل الرقمي في تحليلها؟

## 1. توظيف البرمجية الرقمية "MATLAB" في معرفة شخصية المقام

يُعتبر الحاسوب حسب جاك شايي من *«أهم الوسائل* في مجال دراسة الصوت وتأليفه *التي ساهمت في تطوير معرفتنا بآليات إدراك الارتفاع والطابع الصوتي* ( CHAILLEY, Jacques, Décembre 1984, p. 447)[4]. وبفضل التكنولوجيا الرقمية منذ الثمانينات، *«استنار علم الصوتيات بالحلول الرقمية التي يتم استخراجها باستعمال الحاسوب، وإعداد برمجيات متطوّرة ومتخصّصة في معالجة الصوت مثل التي تعنى ببنية الصوت وتحليله، والتركيب الرقمي وتحويلاته النوعية والإضافات التأثيريّة»* (القبي، حشاد، 2004، ص. 15). والنمذجة الحاسوبية _كما يقول منذر العياري_ *«تستند إلى تحاليل منهجية أجريت لمحمل سمعي MIDI انطلاقا من أساليب بحث شاملة وخاصة بمدونة البحث»*. (AYARI, Mondher, 2015, p.237).

وقد التجأت البحوث الحديثة إلى اعتماد أساليب التحليل الرقمي قصد الخوض في مثل هذه المسائل. فاستعمل البعض برمجية «PRAAT»الذي يمكن من خلالها تحديد ارتفاع الطيف في لحظة زمنية ما، واستخراج شدّته الصوتية.[5] كما اختار البعض الآخر برمجية «MATLAB» التي تقوم على التحليل العددي من خلال تقديم

المعادلات الرياضية في شكل لوحة عددية، بحيث تكون الأرقام مرتّبة في صفوف _وهو بما يُعرف بـ «Le calcul matriciel»_ وذلك بخلق ملفات تحتوي على معطيات باستعمال اللغة البرمجية الإحصائية R « langage R » لتحصيل النتائج المطلوبة. وفي نفس السياق، تم توظيف لغة البرمجة النصية «PYTHON» في التحليل الموسيقي، ويقدّم لنا كيفية اعتماد أنس غراب هذه اللغة في دراسته لمشروع تحليل الأبعاد اللحنية للموسيقى المقامية.[6]

وقد تتعدّد وظائف الوسائل التكنولوجية والبرامج الرقمية في المجال الموسيقي، وتتنوّع حسب الأهداف المطروحة. وأصبح اعتماد الحاسوب وتقنياته ضرورة أمام التطوّر الكبير للابتكارات التكنولوجية والرقمية. ورغم ذلك، قد يكون توظيف التكنولوجيا محدودا في المجال البحثي التحليلي للموسيقى، حيث نجد أن جل البحوث التحليلية التي قامت على البرامج الرقمية لمعالجة الصوت اهتمت في أغلبها بدراسة فيزيائية الصوت والعلاقة بين الارتفاعات الصوتية.

وقد يكون الأمر من الصعب توفير برامج رقمية يمكن من خلالها معرفة شخصية المقام في الموسيقى العربية نظرا لأن بعض المقامات تختلف في اللهجات الموسيقية، غير أنها ذات أبعاد لحنية متماثلة تقريبا. مثال ذلك، مقام الحجاز المشرقي الذي يقابله في تونس طبع الإصبعين أو الرمل، وفي الجزائر طبع الزيدان. لذلك، يحتّم علينا اعتماد طرق التحليل الكلاسيكي للتعريف بالمقام مع الاستناد أيضا إلى النتائج الرقمية كشكل تكميلي لمعرفة الدرجات المحورية للجملة أو ارتفاعات الدرجات الموسيقية وقياسها.

ولعلّ ارتباط الموسيقى _خاصة في بداية القرن الواحد والعشرين_ بمجال الهندسة والإعلامية جعل ثلّة من الباحثين المهندسين يهتمون بالدراسات الإعلامية في المجال الموسيقي. ونتبيّن من خلال كتابات باريش بوزكورت «Baris Bozkurt»،[7] وهو أستاذ تركي في قسم

الهندسة الكهربائية والإلكترونية بجامعة ازمير ديموكراسي «Izmir Demokrasi University» إضافة إلى كونه باحثا في معالجة الإشارات الصوتية وعلم الموسيقى الحسابي. حيث قام مع مجموعة من الباحثين بجملة من الأبحاث التجريبية تعمل على تحديد شخصية المقامات التركية من خلال مراجعة مقادير درجاتها الموسيقية وعلاقتها بالعلامات الدلالية لسلالمها النظرية، وذلك اعتمادا على برمجية «MATLAB».

كما نذكر في نفس السياق، دراسة الباحثة التونسية في الهندسة الكهربائية يسر سوسية في محاولة خلق برمجية هاتف « IQD » يمكن من خلالها معرفة شخصية المقامات ذات الأبعاد الدياتونية (العجم، والكردي، والحجاز، والنهوند، والنواثر والنكريز) عند إصدار أصوات آلاتية أو غنائية،[8] وهي تجربة تعتبر حسب رأينا مرحلةً أولى مهمة يمكن من خلالها بناء مشروع تطبيقات تخص الطبوع التونسية من خلال دعم محتوى لغة برمجية الإحصاء الحاسوبي «Langage R» «R أو « Python » بالتنسيق مع ثلّة من الباحثين الموسيقيين والقيام بالأبحاث والتجارب الممكنة.

## 2. توظيف البرمجية الرقمية «MATLAB» في تحليل الأبعاد اللحنية للمقام

يقول باريش بوزكورت بأن:

> *«تتميّز الموسيقى في الأنظمة ذات التقاليد الشفوية بثرائها، وغالبا ما يمثّل ذلك صعوبة في التحليل، وخاصة فيما يتعلّق بعدم التطابق بين النظرية والممارسة. لذلك تعتبر تكنولوجيا المعلومات من الوسائل التي لديها القدرة على التغلب على بعض هذه الصعوبات من خلال توفيرها للأدوات اللازمة للقيام بالتحليل بطريقة سهلة لكل من التسجيلات الفردية، فضلا عن تقديمها لأساليب تعالج آليا محتويات التسجيل الصوتي، وجمع المعلومات الإحصائية».*
> [9](BOZKURT, Baris, Novembre 2011, p. 1)

ويقول يوسف شوقي في هذا الصدد بأن:

*«دراسة السلّم الموسيقي العربي دراسة علمية معملية هي في الواقع دراسة للمقامات العربية دراسة علمية معملية تهدف إلى الكشف عن تردّد مكوّنات كل من هذه المقامات رياضيا قبل محاولة إقامة أي نوع من العلاقات الرياضية بينها. وبمعنى آخر، فإن أي منهج علمي لقياس السلّم الموسيقي العربي المعاصر لا بد وأن ينطلق أصلا من قياس الأصوات التي تكوّن النغم والعزف أي المقامات التي في البلاد العربية».* (شوقي، يوسف، 1969، ص. 201.)

وقد ارتأينا في بحثنا هذا القيام بالتحليل المقارن من خلال اعتماد البرمجية الحسابية «MATLAB» لاستخراج نتائج آلية للترددات الصوتية، حيث يتم عرض معدّلاتها طبق نسبة أهمية ظهورها في الجملة الموسيقية. وقد قمت بالتنسيق مع الدكتور أنس غراب "بإحداث برمجية دياستيما «Diastema» التي تساعد على التحليل المقامي باستعمال لغة البرمجية R، ثم يتم ترجمة هذه البرمجية من لغة R إلى برمجية «MATLAB» وذلك للتمكّن من استغلال عدد من الأدوات «Toolbox» التي تحتوي على خوارزمية لاستخراج الذبذبات الصوتية."[10] ثم قمنا بإدراج برمجية «*MIRtoolbox*» ***Music Information Retrieval***[11] وذلك لاحتوائها على وظائف متعدّدة تساعد على القيام بالعمل التحليلي وقراءة محتوى الملف الصوتي.

وقد ساعدتنا هذه البرمجية في تحليل نماذج من استخبارات متنوّعة في طبع الذيل قصد معرفة حقيقة الارتفاعات والمقادير الصوتية للدرجات المقامية: السيكاه، والبزرك، والعراق، والأوج. فهذه الدرجات تمثّل تقريبا نقطة اختلاف بين فئة كبيرة من الموسيقيين من حيث علامة تدوينها الموسيقية طبقا لارتفاعها المحدّد. ويعتبر البعض أن علامة نصف الخافض يمكن أن تدلّ على ارتفاع الدرجات الصحيح، وأنه لا يمكن تحديد المقدار الدقيق لهذه الدرجات نظرا لأن الدرجات الموسيقية عموما تتميّز بحركيّتها، وأن تحديد ارتفاع الدرجة الموسيقية مرتبط بتموقعها في الجملة اللحنية. وفي نفس السياق، يرى البعض

الآخر أنه من الأفضل تحيين نظام تدوين العلامات الموسيقية العربية المعتمدة في الطبوع التونسية.

### 3. النتائج العددية من خلال التحليل الرقمي للجمل الموسيقية لاستخبارات طبع الذيل

من خلال معاينتنا لأبرز التسجيلات الصوتية المتوفرة لنا في طبع الذيل والموجودة في كل من الخزينة الصوتية بقصر النجمة الزهراء، وبعض الأقراص المسموعة المسجّلة والمنشورة، قمنا باختيار تسجيلات مختلفة لأبرز الموسيقيين التونسيين منذ فترة ثلاثينات القرن العشرين والمتمثّلة في مجموعة من الاستخبارات المتوفرة لدينا.

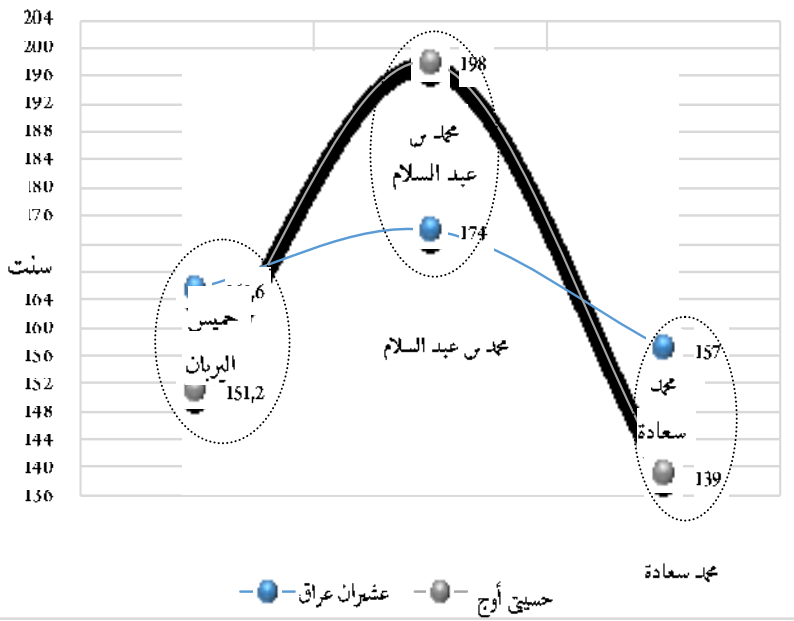
والتسجيلات الصوتية لطبع الذيل في الواقع لم تكن بشكل وافر، ربما لأن طبع الذيل عُرف بأنّه طبع صوفي يغلب عليه الأداء الغنائي مقارنة بطبع الحسين أو المزموم أو غيرهما. وتُنسب هذه التسجيلات لكل من خميس ترنان، ومحمد بن عبد السلام، وصالح المهدي، والطاهر غرسة، وقدّور الصرارفي، ومحمد سعادة وزياد غرسة. وأردنا أن يقع الاختيار على استخبارات تم أداؤها بآلات موسيقية غير ثابتة، كآلة العود، وآلة الناي وآلة الكمنجة.

وفي سياق آخر، يتطلّب منا التحليل الموسيقي اعتمادا على برمجية «MATLAB» لاستخراج النتائج بشكل دقيق ومضبوط، اختيارَ التسجيلات الصوتية الفردية التي لا تشتمل على مصاحبة موسيقية أو غير ذلك، لأن البرنامج سيقوم بتحديد معدّل التردّدات الصوتية في التسجيل وعرض نتائجها.

ولذلك قمنا باختيار الاستخبار الآلي لأبرز الموسيقيين في القرن العشرين، نظرا لأن العازف يؤدّي الاستخبار على شكل انفرادي، ويعتمد عند أدائه على ذاكرته الموسيقية وعلى ما اعتاد سماعه. وخصّت نتائج التحليل المقارن العناصر التالية:

### 1.3. عدم التساوي بين مقدار درجتي الأوج والعراق

شكل1 : مقارنة بين معدّل مقدار البعدين"عشيران - عراق" و"حسيني - أوج"
في استخبارات خميس الترنان ومحمد بن عبد السلام ومحمد سعادة

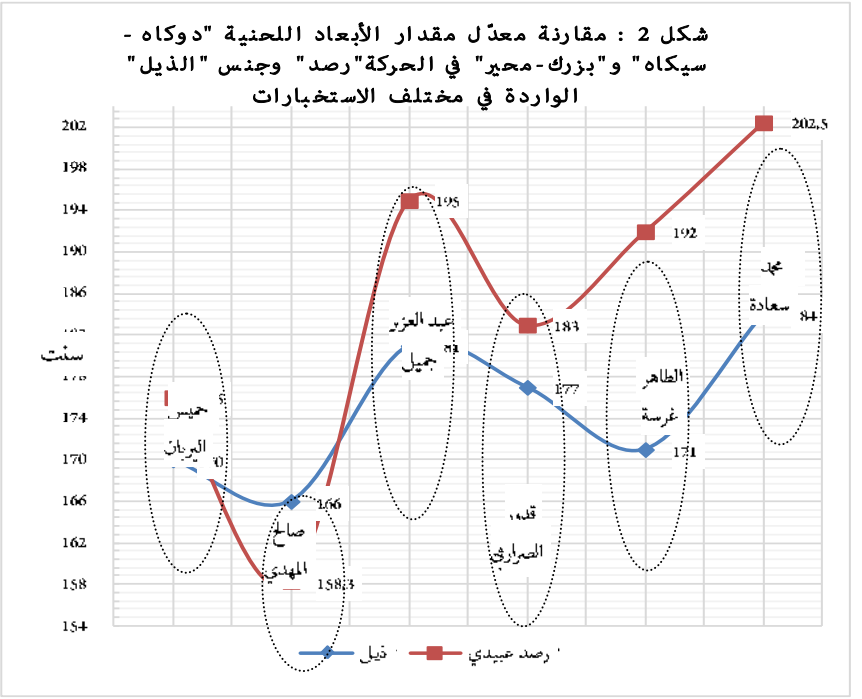



يبّين لنا الشكل 1 مدى اختلاف المعدّل العام لمقادير درجتي العراق والأوج في الجمل الموسيقية التي تم تحليلها حسب استخبار المؤدّي. حيث نلاحظ وجود ثلاثة مستويات وردت في مقدار درجة الأوج، حيث تراوح مقدارها بين 139 سنت كمقدار أدنى في استخبار محمد سعادة، و198 سنت كمقدار أقصى في استخبار محمد بن عبد السلام، مع العلم أن هذا الأخير اعتمد على الطبقة الحادة عند أدائه، أي أن مختلف جمل الاستخبار وردت بين درجتي النوا وجواب الكردان على أن تكون درجة الكردان هي درجة ارتكاز استخبار الذيل. ونلاحظ في مستوى ثان أن مقدار درجة العراق ورد مختلفا عن درجة الأوج، حيث رأينا أن مقدار درجة الأوج ورد بمستوى يقل عن درجة العراق باستثناء في استخبار محمد بن عبد السلام نظرا للطبقة الصوتية التي

اعتمدها هذا الأخير، والتي تكون فيها درجة العراق هي درجة الأوج، والأوج بجواب الأوج. وهو ما يمكن أن يجعلنا نلاحظ مدى تأثير جمل محير عراق نوا على مقدار درجة الأوج عند اعتمادها في السياق اللحني لجمل الذيل راست. كما يمكن أن يفسّر ذلك بعدم التساوي بين مقدار درجتي العراق والأوج، وأن درجة الأوج وردت في أغلب الأحيان بمقدار يقل عن مقدار درجة العراق.

### 2.3. مقارنة لمقدار درجة السيكاه/البزرك في الجنس "ذيل راست" و"حركة الرصد"

أردنا من خلال الشكل التالي أن نتبيّن مدى الاختلاف في مقدار درجة السيكاه/البزرك بين جمل جنس الذيل وحركة الرصد في الاستخبارات التي وردت فيها هذه الدرجة. وعند استعراض النتائج على الرسم البياني تبين لنا ما يلي:




شكل 2 : مقارنة معدّل مقدار الأبعاد اللحنية "دوكاه - سيكاه" و"بزرك-محير" في الحركة"رصد" وجنس "الذيل" الواردة في مختلف الاستخبارات

نلاحظ من خلال الشكل 2 أن مقادير درجة السيكاه أو البزرك في حركة الرصد تفوق مقاديرها في جمل الذيل، باستثناء استخبار صالح المهدي الذي ورد فيه مقدارها في حركة الرصد بفارق صوتي ناقص عن مقدارها في جمل الذيل بـ 7 سنت تقريبا. كما تبيّنا تقاربا نسبيا لمقدارها في استخباريْ خميس الترنان وقدّور الصرارفي بفارق صوتي يساوي 6 سنت، ويمكن اعتبار أن هذا الفارق غير مؤثّر. في حين ورد الفارق الصوتي لمقدار هذين الدرجتين في استخبارات محمد سعادة والطاهر غرسة وعبد العزيز جميّل بشكل ملحوظ ومتباين. وهو ما يمكن أن يفيدنا عموما بتأثير جنس الرصد على ارتفاع مقدار درجة السيكاه في طبع الذيل وذلك نتيجة غياب درجة الجهاركاه، أو أحيانا باستعمال درجة الجهاركاه في شكل زخرف لحني.

## استنتاجات وخاتمة

يُعتبر التحليل باعتماد الحاسوب والبرمجيات الرقمية وسيلة تكشف عن الحقيقة الفيزيائية للعناصر الموسيقية. فقد تبيّن من خلال نتائج التحاليل عدم التساوي بين مقدار درجتي الأوج والعراق، من خلال المستويات الصوتية التي قدّمناها، والذي اعتبرناه نتيجة تأثير جنس المحير عراق نوا على المقدار الصوتي لدرجة الأوج، وبالتالي يُفضّل عدم توظيف نفس العلامة الدلالية لهاتين الدرجتين. كما تبيّن أنه عند اعتماد جنس الرصد على درجة الدوكاه، فإن مقدار درجة السيكاه أو البزرك يكون عموما في مستوى أعلى من مقدارها في جنس الذيل، باستثناء مقدارها في استخبار صالح المهدي. كما لم يبلغ مقدارها الصوتي مقدار البعد الطنيني الكبير (204 سنت) كما هو متداول في نظرية سلّمها الموسيقي باستثناء ما ورد في استخبار محمد سعادة، وذلك نتيجة غياب درجة الجهاركاه أو أحيانا باستعمال درجة الجهاركاه في شكل زخرف لحنيّ. لذلك فإن سعينا نحو استخراج سلّم موسيقي هو تقريبي من خلال حصر المجال الصوتي للمقادير الواردة

لمختلف الاستخبارات والتسجيلات الصوتية. فقد اقتصرنا في بحثنا هذا على هذه الأمثلة المؤداة بآلات موسيقية غير ثابتة كمرحلة أولى، على أن يتم الاعتماد على التسجيلات الصوتية الغنائية من رصيد المالوف التونسي أو الإنشاد الصوفي في مراحل أخرى من البحث الموسيقي. كما أن وفرة هذه التسجيلات وتعدّدها من شأنه أن يمكّننا من ضبط السلّم الموسيقي لطبع الذيل، مع النظر في برمجيات رقمية أخرى تضمن تقديم نتائج أكثر دقّة وفاعلية. ونطمح من خلال هذه الدراسة أن يتم النظر في مختلف الطبوع التونسية الأخرى في بحوث علمية وجامعية قادمة.

الهوامش:

[1] - YEKTA, Raouf, « *La musique turque* », Encyclopédie de Lavignac, t.V, Paris, Delagrave, 1922, p. 2945- 3064.

- YEKTA, Raouf, « *Musique Orientale* », Revue musicale, Paris, Quai de Passy, 1 janvier 1907, p.213- 215 ; 290-294.

[1]AYDEMIR, Murat, *Turkish Music Makam Guide*, Istanbul, Erman Dirikcan, 2010, 216p.

[1]BARKECHLI, Mehdi, *Les systèmes de la musique traditionnelle de l'Iran (Radif)*, Teheran, Ministère de la culture et des arts, 1973, 56p.

[1] النص بالفرنسية:

*« L'utilisation de l'ordinateur et la synthèse des sons ont fait progresser notre connaissance des mécanismes perceptifs de la hauteur ainsi que du timbre. »*

[1] نذكر في هذا الإطار بحوث أمين بيهم حول مقامات الموسيقى العربية أنظر إلى الدراسات التالية:

- BEYHOM, Amine, *Théorie de l'échelle et pratiques mélodique chez les Arabes : Un approche systématique et diachronique*, T.1, Paris, Geuthner, 2010, 674p + xxxip.

- BEYHOM, Amine, « *Approche systématique de la musique arabe : genres et degrés système*», in *De la Théorie à L'art de l'Improvisation : Analyse de Performances et Modélisation Musicale*, Culture et cognition musicales, Paris, Edit. Delatour France, décembre 2005, pp. 25-114.

- BEYHOM, Amine, *«Mesures d'intervalles, méthodologie et pratique»*, in Revue des Traditions Musicales des Mondes Arabe et Méditerranéen - RTMMAM, Paris, Université Antonine Paris IV, 2007, pp. 181 – 236.

[1] http://anas.ghrab.tn/fr/analyse/

http://web.mit.edu/music21/

[1]أنظر إلى المقالات التالية:

- BOZKURT, BariŞ,*« Pitch Histogram based analysis of Makam Music in Turkey»,*İstanbul/Turkey, Electrical and Electronics Engineering Dept. BeŞiktaŞBahcesehir University, November 2011, 6p.

- BOZKURT, Baris, *«An Automatic Pitch Analysis Method for Turkish Maqam Music»*, Journal of New Music Research,İstanbul/Turkey, Izmir Institute of Technology, 2008, 13p.

- BOZKURT, Baris, *«Features for analysis of makam music»*, the 2nd CompMusic Workshop,İstanbul/Turkey, BahçeŞehir University, 12 – 13 July 2012, 5p.

- BOZKURT, Baris, *« Pitch Histgram based analysis of Makam Music in Turkey»*, Les corpus de l'oralité, Paris, Delatour France, 2014, pp. 291 – 298.

[1] أنظر إلى الدراسة التالية:

SOUSSIA, Yosr, *« Reconnaissance d'un maqam et d'un IQD chanté »*, Projet de fin d'année, Carthage/Tunis, Département génie électrique/ENIC, 2018, p.42 – 44.

[1] النص بالإنقليزية:

*« In oral traditions, individual and regional variations constitute an important part of richness. Such richness often results in a difficulty in analysis and mismatches between theory and practice. Information technologies have the potential to overcome some of the difficulties by providing tools for easy analysis of both individual recordings as well as methods to process large audio collections automatically and gather statistical information. »*

[1] http://anas.ghrab.tn/ar/musicologie/analyse

[1] " *MIRToolbox* " هي مجموعة أدوات يتم إدخاله في برمجية ماتلاب، وتهدف لاستخراج الخصائص الموسيقية المتعلّقة بالتسجيلات الصوتية. وقد تم تصميمه بشكل خاص بهدف التمكين من حساب مجموعة كبيرة من خصائص هذه الملفات الصوتية من قواعد البيانات، والتي يمكن توظيفها في شكل تحليلات إحصائية. أنظر المرجع التالي:

LARTILLOT, Olivier, TOIVIAINEN, Petri, EEROLA, Tuomas, *«A Matlab Toolbox for Music Information Retieval », Conference on Digital Audio Effects (DAFx-07), Bordeaux/France, September 10-15, 2007, p.1.*

*« MIRToolbox is a Matlab toolbox dedicated to the extraction of musically related features in audio recordings. It has been designed in particular with the objective of enabling the computation of a large range of features from databases of audio files, that can be applied to statistical analyses. »*

## قائمة المصادر والمراجع


- شوقي، (يوسف)، قياس السلم الموسيقي العربي، القاهرة، دار الكتب، 1969، 228ص.

2. القبي، (حشاد)، "الصوتيات والموسيقى العربية على ضوء أدوات المعلوماتية"، مجلة البحث الموسيقي، عمان - الأردن، المجلّد الثالث، عدد 1، المجمع العربي للموسيقى - جامعة الدول العربية، 2004، ص. 15- 37.

3. AYARI, (Mondher), « Modélisation congnitive des musiques de tradition orale»,L'analyse musicale aujourd'hui, Paris, Delatour, 2015, pp. 215-243.

4. AYDEMIR, (Murat), **Turkish Music Makam Guide**, Istanbul, Erman Dirikcan, 2010, 216p.

5. BARKECHLI, (Mehdi), **Les systèmes de la musique traditionnelle de l'Iran (Radif),** Teheran, Tehran, Ministère de la culture et des arts, 1973, 56p.

6. BOZKURT, (BariŞ),« Pitch Histogram based analysis of Makam Music in Turkey»,İstanbul/Turkey, Electrical and Electronics Engineering Dept. BeŞiktaŞ Bahcesehir University, November 2011, 6p.

7. CHAILLEY, (Jacques), **Précis de musicologie**, Paris, Presse Universitaire de France, Décembre 1984, 496p.

http://cms2.unige.ch/fapse/neuroemo/pdf/ArticleLartillotToiviainenEerola.pdf (consulté le 25 Janvier 2020)

8. LARTILLOT, (Olivier), TOIVIAINEN, (Petri), EEROLA, (Tuomas), «A Matlab Toolbox for Music Information Retieval », Conference on Digital Audio Effects (DAFx-07), Bordeaux/France, September 10-15, 2007, 8 p.

9. SOUSSIA, (Yosr), **Reconnaissance d'un maqam et d'un IQD chanté,** Projet de fin d'année, Carthage/Tunis, Département Génie Electrique/ENIC, 2018, 46p.

# إشكاليّة تحديد الأبعاد ونسبها في الموسيقى العربيّة ومحاكاتها من خلال البرامج الرّقميّة الحديثة، عروبي "اكمي سرّك" (خلطة الأصحاب) للشّيخ العفريت مثالا

**فايز الزواري**
feyez2@gmail.com

تتميّز الموسيقى العربيّة بثرائها النغمي والإيقاعي من مميّزاتها الأساسيّة اختلاف ارتفاع الدّرجات بين مقاماتها المتشابهة حسب كلّ منطقة جغرافيّة، ولا شكّ أنّ إشكاليّة تحديد الأبعاد في الموسيقى العربيّة لا تزال محلّ جدل بين المنظّرين المعاصرين، ولئن اتّفقوا على قصور التّعريف الكلاسيكي لنصف الخافض، إذ هو يقتصر على الإحالة للنّظريّة العربيّة المعاصرة التّي تنصّ على تقسيم الدّيوان لأربعة وعشرين مجالا متساويا(1)، فإنّ تحديد الأبعاد حسب خصائص كلّ مقام بصفة دقيقة، ظلّ محلّ اختلاف بين من يرى استحالة ذلك نظرا للكمّ الهائل من المسارات اللّحنيّة الّتي تشترك نظريّا في نفس السّلّم الموسيقي وتنوّعها في أرجاء المنطقة العربيّة، ومن يرى إمكانيّة ذلك في حدود معيّنة.

وتعتبر البرامج الرّقميّة الحديثة المتعلّقة بتحليل الطّيف الصّوتي من الوسائل الدّافعة نحو التّعمّق في فهم مختلف المسارات اللّحنيّة للمقامات عبر خاصّيّة محاكاة المسار اللّحني ( Simulation de la ligne mélodique)، ورغم قصورها في تحليل الموسيقى البوليفونيّة والهتروفونيّة وتحديد مكوّناتها إلاّ أنّها تفضي الى نتائج متميّزة في الموسيقى الارتجاليّة لاحتوائها على طيف صوتيّ واحد. وقد اخترنا عروبي "اكمي سرّك" (أغنية خلطة الأصحاب) للشّيخ العفريت(2) كمثال للتّحليل الموسيقي والطّيفي.

وتتلخّص إشكاليّة البحث في النّقاط التّالية:

- هل يمكن اعتبار طريقة التّدوين المعاصرة كافية لتحديد المسار اللّحني بصفة دقيقة؟
- هل يمكن أن تكون نسب الأبعاد متكرّرة بنفس الكيفيّة داخل الجملة الموسيقيّة وفي مختلف أقسام العروبي؟ وهل يمكن أن تختلف نسب الأبعاد باختلاف المسار اللّحني؟ وهل يصنّف ذلك ضمن مبدأ التّجاذب اللّحني للدّرجات؟
- كيف يمكن ترجمة الأبعاد اللّحنيّة -انطلاقا من البرامج الرّقميّة- نحو نسب عدديّة محدّدة ودقيقة؟
- هل يمكن وصف العروبي بالغناء الحرّ إطلاقا أم إنّه يحتوي بعض التّحديدات اللّحنيّة في مستوى الأداء؟ ما هي أبرز سماتها العامّة؟

وسنعتمد في بحثنا على برنامجين رقميّين الأوّل (Tony 2.1.1) والثّاني (Praat 6.1.08)، حيث سنبيّن من خلالها طريقة تحديد الأبعاد الموسيقيّة وكيفيّة ترجمتها لنسب عدديّة، ثم مقارنتها بالسّلّم العربيّ المعدّل وتبيان أهمّ الملاحظات والاستنتاجات حول المثال المدروس.

### 1. تعريف البرامج الرّقميّة المعتمدة في التّحليل

#### أ. برنامج (Tony 2.1.1) (3):

يشترك هذا البرنامج مع برنامج (Praat) في طريقة تحديد ارتفاع الدّرجات الموسيقيّة بدقّة متناهية ويتميّز عنه بسهولة التّعامل مع الأثر واختصاصه في تحديد ارتفاع الدّرجات الموسيقيّة، وأيضا بإمكانيّة تشغيل خاصّيّة محاكاة المسار اللّحني ( Simulation de la ligne mélodique) بالموازاة مع المسار اللّحني الأصلي.

#### ب. برنامج (Praat 6.1.08) (4):

يعتبر من أشهر برامج تحليل الطّيف الصّوتي بمختلف مكوّناته الفيزيائيّة، ويتميّز عن برنامج (Tony) بإمكانيّة مقارنة المسار اللّحني

مع مختلف السّلالم الموسيقيّة المعدّلة وغيرها حسب متطلّبات التّحليل.

### 2. طريقة التّحليل المعتمدة

سنعمل على تحديد رسوم بيانيّة لمحاكاة المسارات اللّحنيّة للجمل تباعا عبر برنامج (Tony) وللوقوف على مختلف تردّدات الدّرجات الموسيقيّة حسب كلّ جملة، ثمّ سنحدّدها بالمقارنة مع السّلّم العربيّ المعدّل، بعد ذلك سنبيّن نسب التّردّدات المتواترة حسب كلّ جملة وتحديدها في شكل رسم بياني، وسنجتهد في الإجابة على مختلف النّقاط الواردة في الإشكاليّة.

### 3. المثال: عروبي (اكمي سرّك) لـ"الشّيخ العفريت"

✓ **تقديم المثال:**

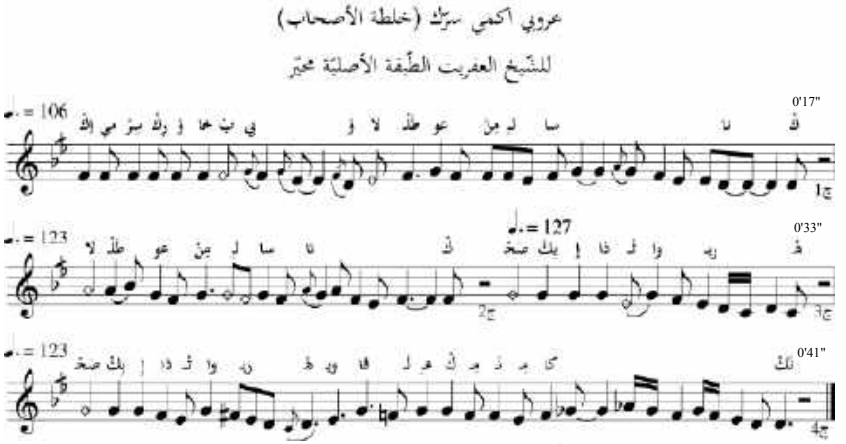
اعتمدنا في التّحليل على نسخة أصليّة من ألبوم الشّيخ العفريت (علاش تغير عليّا) من موقع (Deezer) (5) ، وقد ورد هذا العروبي في مطلع أغنية (خلطة الأصحاب) في طبع (الحسين) التّونسي، ومدّته واحدة وأربعون ثانية، حيث أنّ درجة ارتكازه الأصليّة هي (المحيّر)، ويشترك مساره اللّحني مع خصائص (الحسين صبا) تحديدا، ويحتوي جنسين لحنيّين: الأوّل (جنس حسين محيّر)، والثّاني (جنس ماية كردان)، مع اعتماد درجة (الماهوران) كدرجة محوريّة في المسار اللّحني.

ويتضمّن هذا المثال مسارا لحنيّا غير متداول، ويمكن الجزم أنّه غير مستعمل في وقتنا الحاضر، وذلك ما حفّزنا في اختياره كأنموذج للتّحليل.

✓ **النّصّ الشّعري:**

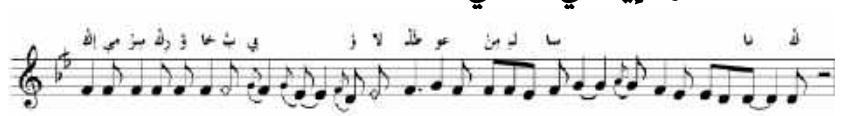
اكْمي سِرِّكْ وْخَبّي  لا تْطَلّْعو مِنْ لِسانَكْ

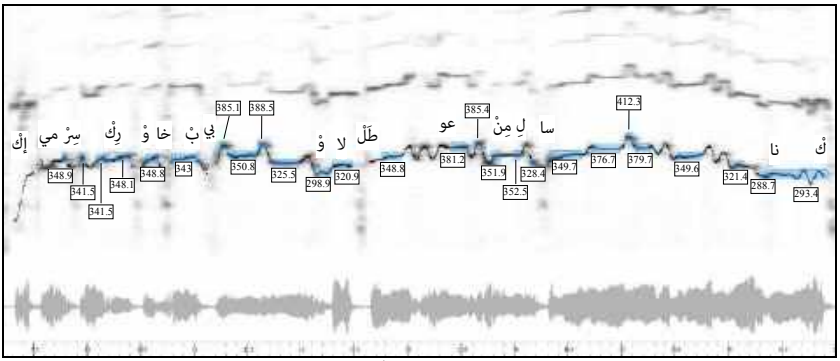
صاحْبِكْ إذا تْوَرِّيهْ  يْقَلِّعَكْ مِنْ مْكانَكْ

✓ **التّدوين الموسيقي**(6):

✓ **تحديد القيمة الذّبذبيّة لدرجة الارتكاز:**

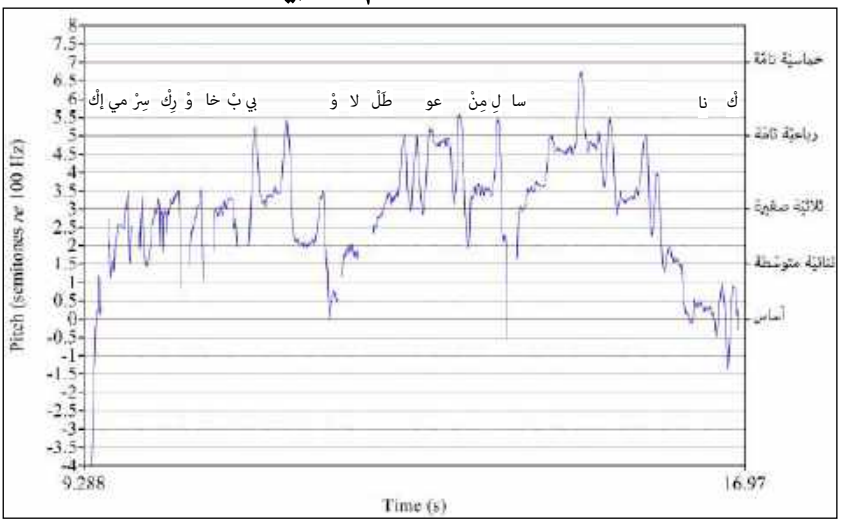
وردت درجة الارتكاز في عدّة مواضع من الارتجال متمثّلة في ركوز تامّ على درجة (المحيّر)، حيث أنّها وردت خلال الأولى بقيمة (288.678 هز)(7)، وفي الجملة الثّالثة بقيمة (288.583 هز)، ثمّ في الجملة الرّابعة في موضعين، قيمة الدّرجة الأولى كانت في حدود (288,566 هز) والثّانية كانت في حدود (288.542 هز)، وعند احتساب معدّل الذّبذبات في الدّرجات الأربع السّابقة نجده يقارب (288.6 هز) وسنعتمد هذا المعدّل كقيمة للدّرجة الأساس في الارتجال وفي احتساب نسب الأبعاد والمسافات المختلفة.

❖ **الجملة الأولى**

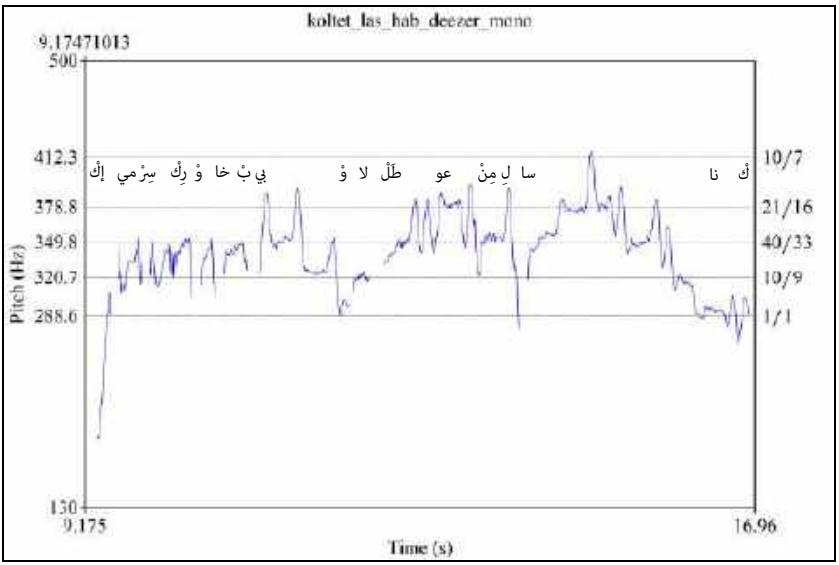
- **المسار الإيقاعي اللّحني:**

- **تحديد تردّدات الألفاظ(8):**




- **مقارنة التّردّدات المتواترة بالسّلّم العربي المعدّل:**



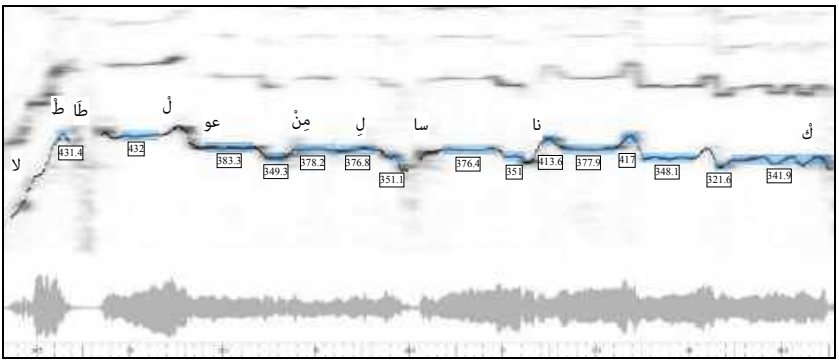
- **تحديد نسب التّردّدات المتواترة:**



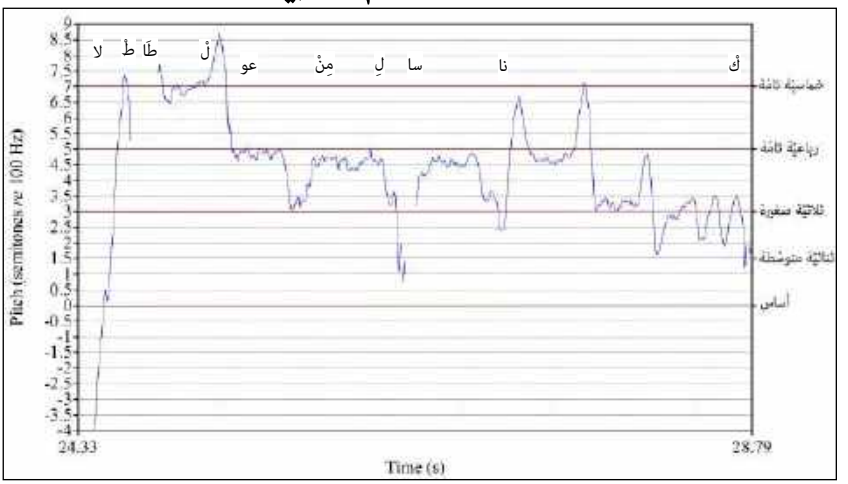

❖ **الجملة الثّانية**

- **المسار الإيقاعي اللّحني:**

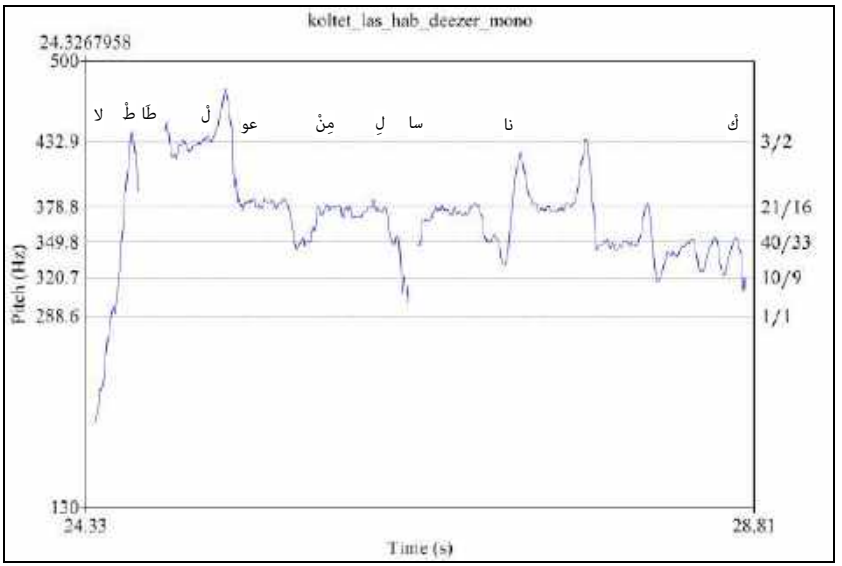
- **تحديد تردّدات الألفاظ:**



- **مقارنة التّردّدات المتواترة بالسّلّم العربي المعدّل:**



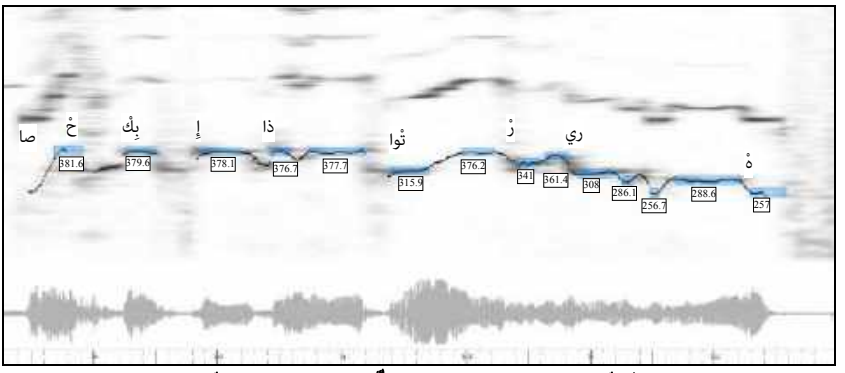

- **تحديد نسب التّردّدات المتواترة:**



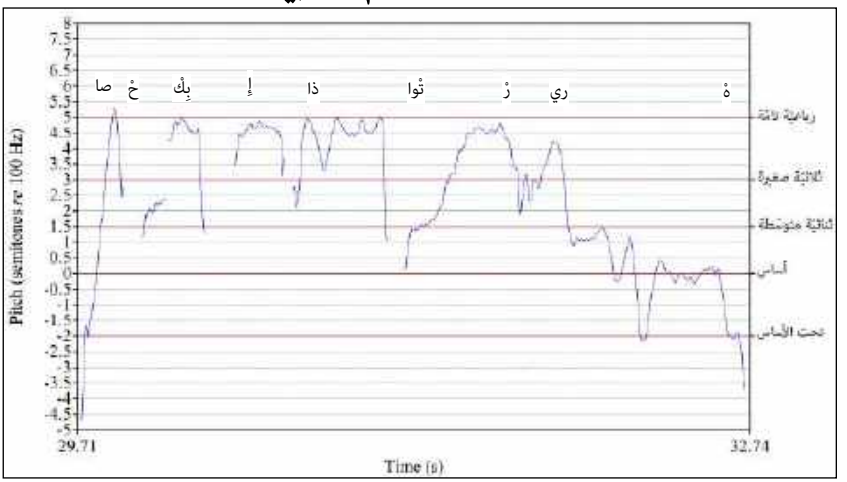

❖ **الجملة الثّالثة**

- **المسار الإيقاعي اللّحني:**

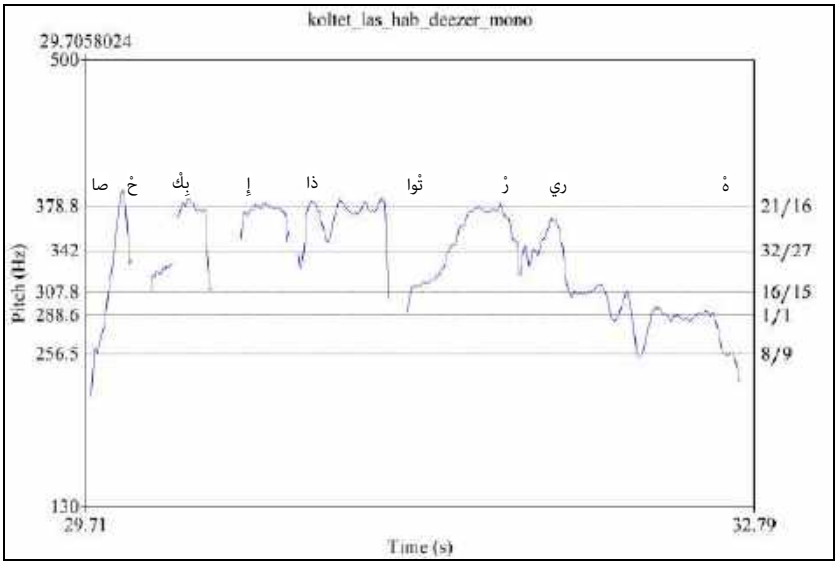
- **تحديد تردّدات الألفاظ:**



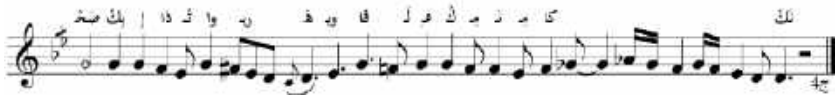

- **مقارنة التّردّدات المتواترة بالسّلّم العربي المعدّل:**

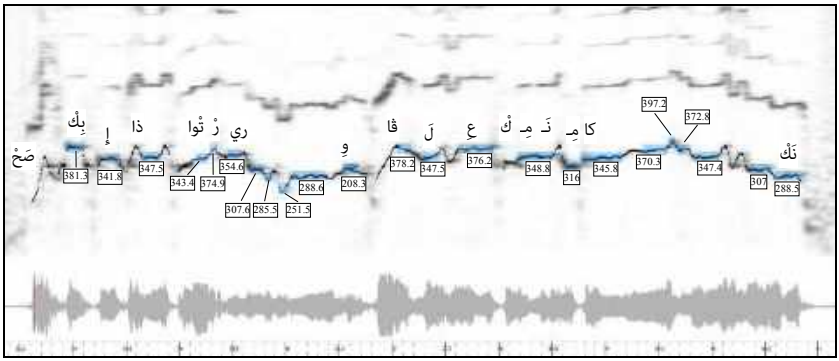


- **تحديد نسب التّردّدات المتواترة:**

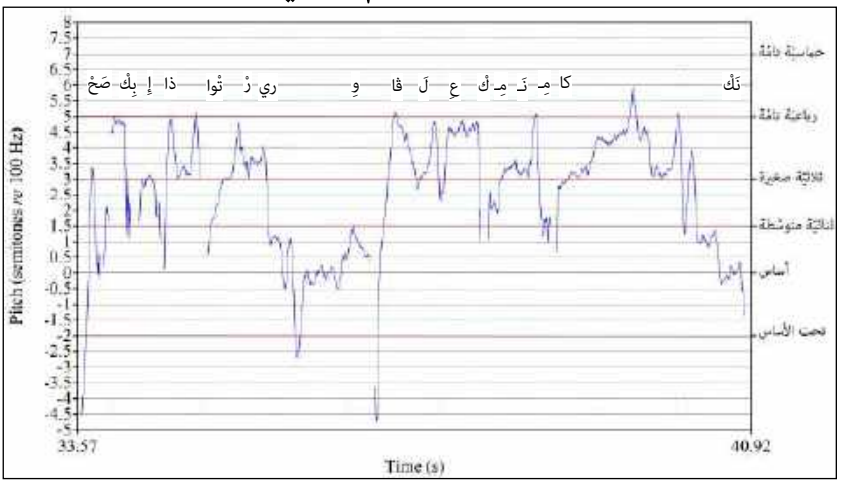



❖ **الجملة الرّابعة**

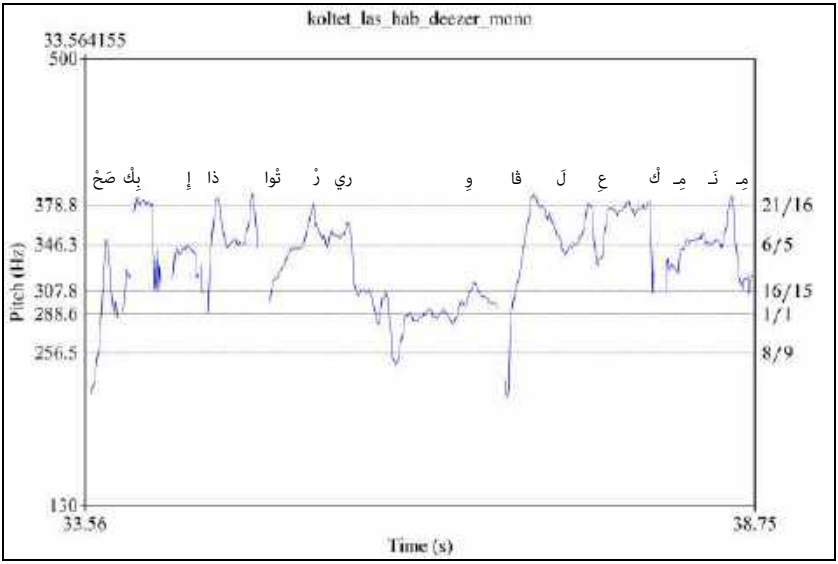
- **المسار الإيقاعي اللّحني:**

- **تحديد تردّدات الألفاظ:**



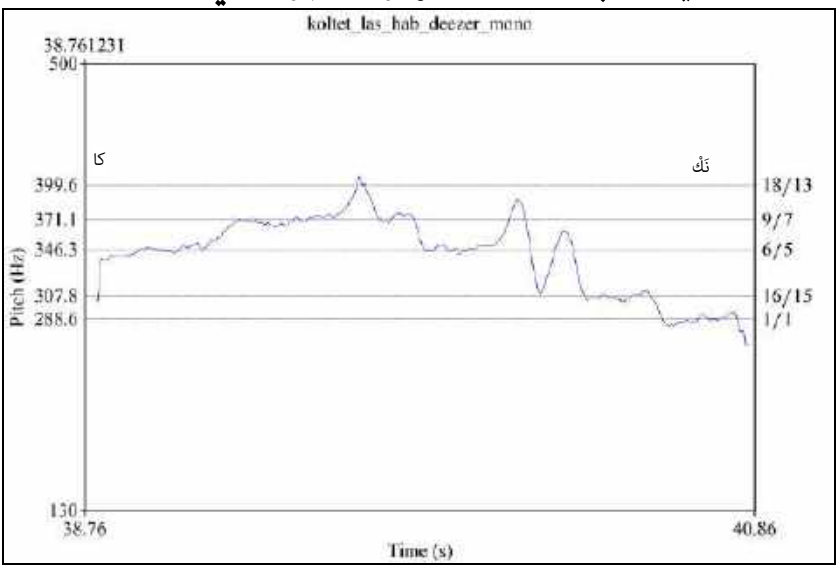
- **مقارنة التّردّدات المتواترة بالسّلّم العربي المعدّل:**




- **تحديد نسب التّردّدات المتواترة: (الجزء الأوّل)**



- **تحديد نسب التّردّدات المتواترة: (الجزء الثّاني)**




**4. الملاحظات والاستنتاجات**

❖ **نسبة التّطابق اللّحني مع السّلّم العربي المعدّل:**

في البداية يجب التّطرّق لطريقة المقارنة المنتهجة حيث اعتمدنا السّلّم العربيّ المعدّل في تحديد ارتفاع الدّرجات في المسارات اللّحنيّة، ولتبسيط عمليّة المقارنة وحسن فهمها ارتأينا تحويل جميع المسافات الجذريّة إلى نسب عدديّة، حيث اعتمدنا على السّلّم الفيثاغوري(9) الأقرب للسّلّم المعدّل والمتكوّن من الخماسيّة التّامّة (3/2) والبعد الطّنيني (9/8)، واعتمدنا الثّنائيّة المتوسّطة بنسبة (12/11) -والّتي تعرف عند الفارابي بـ(وسطى زلزل) (10) - لتطابقها شبه التّام مع الثّنائيّة المتوسّطة $\left[\sqrt[24]{2^{3}}\right]$ المستعملة في السّلّم العربي

المعدّل، وفي ما يلي جدول يبيّن التّطابق بين السّلّمين وقياس الدّرجات فيهما بحساب السّنت:

| المسافة | أساس | ثنائيّة | ثلاثيّة | رباعيّة | خماسيّة |
|---|---|---|---|---|---|
| نعتها | - | متوسّطة | صغيرة | تامّة | تامّة |
| سلّم معدّل | $\sqrt[12]{2}^{0}$ | $\sqrt[24]{2}^{3}$ | $\sqrt[12]{2}^{3}$ | $\sqrt[12]{2}^{5}$ | $\sqrt[12]{2}^{7}$ |
| قيمتها بالسّنت | 0 | 150 | 300 | 500 | 700 |
| سلّم عربي | 1/1 | 12/11 | 32/27 | 4/3 | 3/2 |
| قيمتها بالسّنت | 0 | 150,63 | 294,13 | 498,04 | 701,95 |
| الفارق بالسّنت | 0 | +0,63 | -5,87 | -1,96 | +1,95 |

ومن خلال التّحليل لاحظنا وجود عدّة نسب مكرّرة في الجمل ذاتها و أيضا بين الجمل المختلفة، وقد ارتأينا تبيّنها من خلال جدول مفصّل يحتوي تواتر النّسب خلال كامل العروبي كالتّالي:

| المسافة | ثنائيّة | | | | | | ثلاثيّة | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نعتها | متوسّطة | | | | كبيرة | صغيرة | متوسّطة | | |
| نسبتها | 16/15 | 12/11 | 11/10 | 10/9 | 9/8 | 32/27 | 6/5 | 40/33 |
| قيمتها الذّبذبيّة | ±307,8 | 314,8 | ±317,5 | ±320,7 | ±324,7 | ±342 | ±346,3 | ±349,8 |
| قيمتها بالسّنت | 112 | 150,7 | 165 | 182 | 204 | 294 | 316 | 333 |
| الجملة الأولى | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 0 | 8 |
| الجملة الثّانية | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| الجملة الثّالثة | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| الجملة الرّابعة | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 4 | 2 |

| المسافة | رباعيّة | | خماسيّة | | |
|---|---|---|---|---|---|
| نعتها | صغرى | | تامّة | ناقصة | صغرى | تامّة |
| نسبتها | 9/7 | 21/16 | 4/3 | 11/8 | 13/9 | 3/2 |
| قيمتها الذّبذبيّة | ±371,1 | ±378,8 | ±384,8 | ±396,9 | ±416,9 | ±432,9 |
| قيمتها بالسّنت | 435 | 471 | 498 | 551 | 636 | 702 |
| الجملة الأولى | 0 | 3 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| الجملة الثّانية | 0 | 4 | 1 | 0 | 2 | 2 |

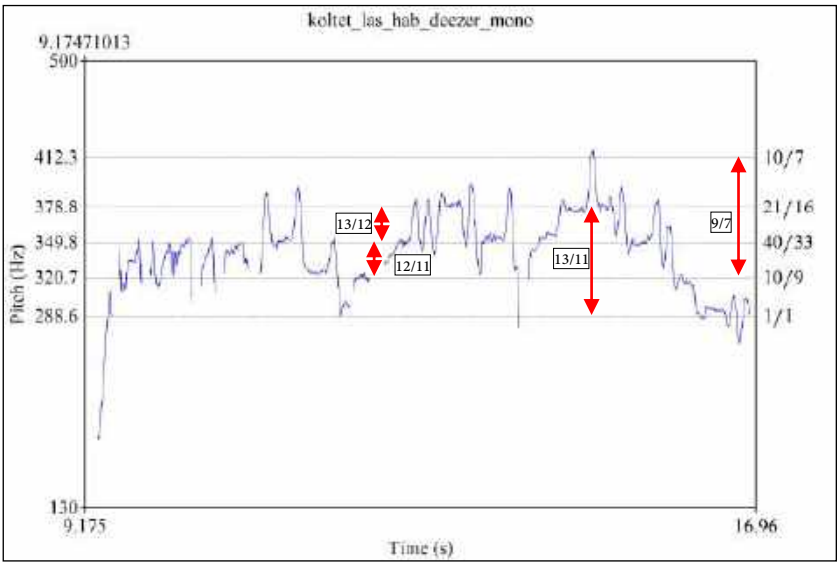
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الجملة الثّالثة | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| الجملة الرّابعة | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 |

ومن خلال ما ورد في الجدول السّابق نستنتج عدم تطابق المسار اللّحني للعروبي في مجمله مع السّلّم العربي المعدّل، ما عدا بعض المواضع المتفرّقة، حيث يتّضح عدم تناسق الدّرجات -باستثناء الأساس- مع السّلّم العربي المعدّل، ويمكن حسابيّا استخراج نسبة التّطابق عبر قسمة الدّرجات المتطابقة على العدد الإجمالي للدّرجات كالتّالي: $\left[\frac{14}{62} \times 100 = 22.58\%\right]$، أي أنّ أكثر من [77%] من الدّرجات تختلف مع السّلّم العربي المعدّل، وبما أنّ طريقة التّدوين المعاصرة لا تحتوي على آليّات خاصّة لتحديد المسار اللّحني بصفة علميّة دقيقة، فإنّها تعتبر نسبيّة، تؤدّي وظيفة محاكاة المسار اللّحني العامّ دون تحديد خصائص الدّرجات الموسيقيّة واختلافاتها بين الجمل.

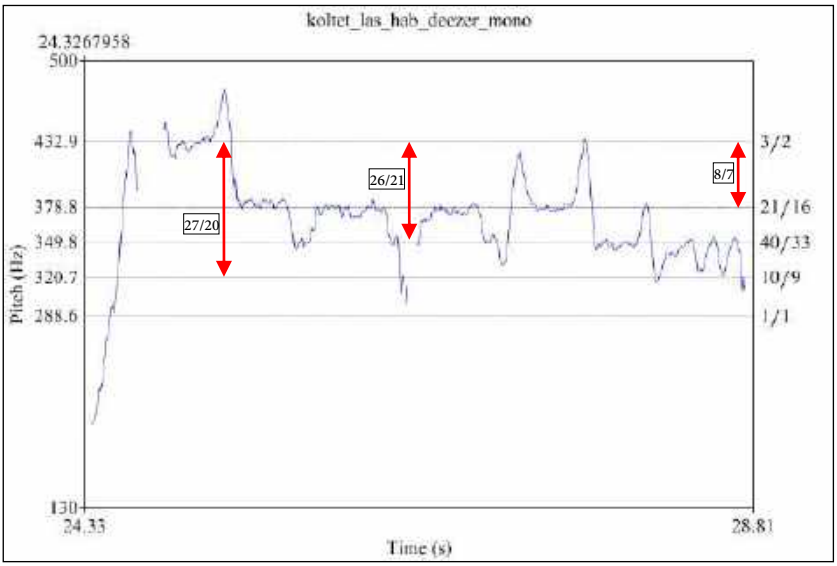
### ❖ اختلاف الدّرجات حسب المسار اللّحني في العروبي

سنحدّد تباعا كلّ الاختلافات في ارتفاع الدّرجات ونسبها البينيّة في المسارات اللّحنيّة للجمل.

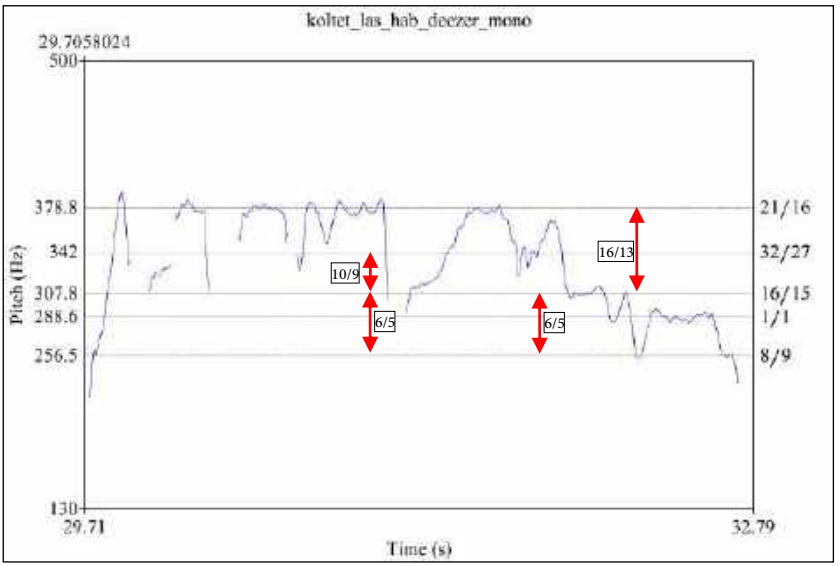
#### أ- الجملة الأولى




## ب- الجملة الثّانية

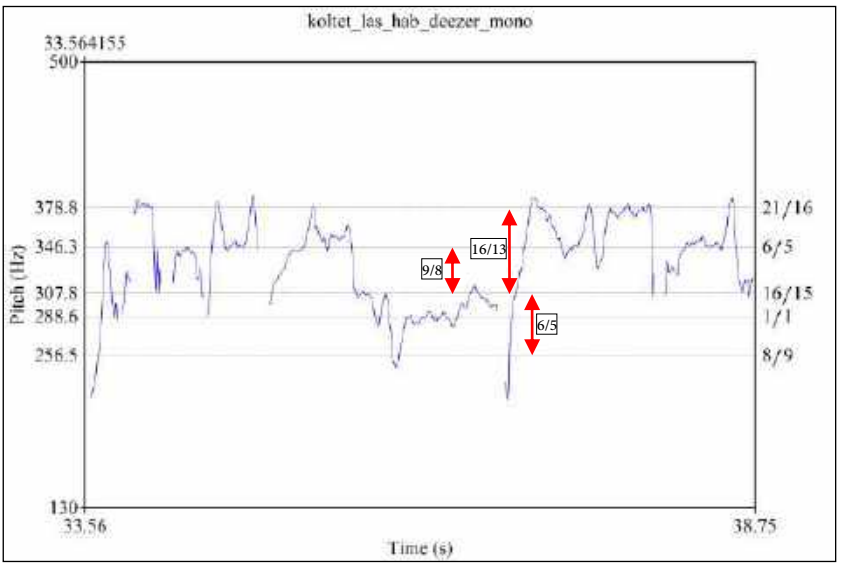


## ت- الجملة الثّالثة

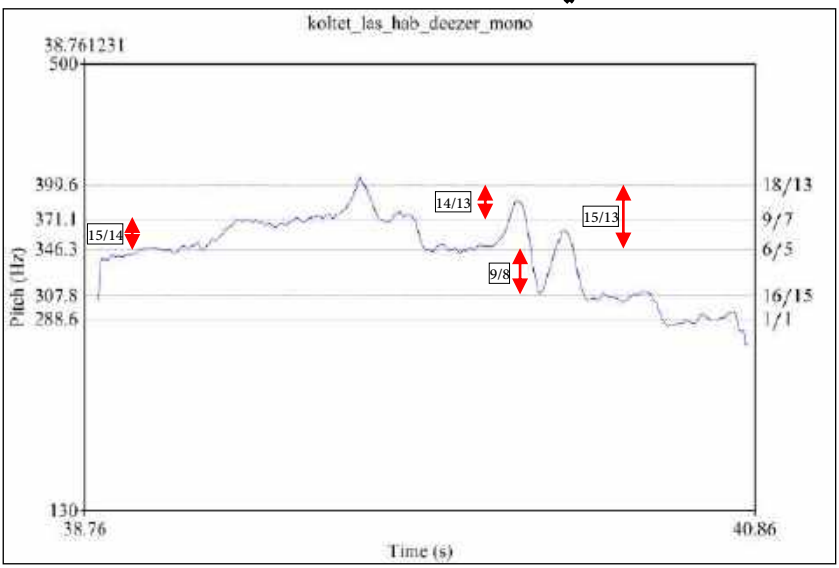



## ث- الجملة الرّابعة

### ث-1- الجزء الأوّل:



**ث-2- الجزء الثّاني:**




من خلال الرّسومات البيانيّة السّابقة والتّحليل نستنتج أنّ الدّرجات الموسيقيّة تتّبع منهجا محدّدا في الارتفاع حسب خصائص كلّ جملة، حيث أنّها تختلف أحيانا حتّى في الجملة ذاتها عند تغيّر المسار اللّحني، وبالتّالي فإنّ اختلاف ارتفاع الدّرجات -حسب رأينا- ليس اعتباطيّا أو عشوائيّا وإنّما يعتمد مبدأ التّجاذب اللّحني بين الدّرجات، حيث أنّ نسب الأبعاد يمكن أن تختلف باختلاف المسار اللّحني، وارتفاع الدّرجة الموسيقيّة يحدّده تأثّرها أو تأثيرها في المسار اللّحني، فإن كانت أساسيّة ومسيطرة احتوت المسافات الأخرى وجذبتها لتصبح في توافق طبيعي معها، وإن كانت فرعيّة وضعيفة انجذبت لنسبة الدّرجة المسيطرة لحصول التّوافق الطّبيعي.

إنّ النّظام المقامي في الموسيقى التّونسيّة والعربيّة بصفة عامّة لا زال محلّ بحث وتدقيق لتفسير مكوّناته وتحديدها لا سيمّا في مستوى المسارات اللّحنيّة الّتي تتّسم بالثّراء والتّنوّع. ولعلّ دراسة بعض النّماذج الارتجاليّة وتبيّن خصائصها اللّحنيّة عبر ما تتيحه البرامج

الرّقميّة الحديثة يساهم في توضيح مفاهيم ظلّت مبهمة لعقود. ويمكن أن تكون نتيجة اعتماد النّظريّة العربيّة المعاصرة على النّظريّة الغربيّة، وبالّتالي أثّر ذلك بصفة غير مباشرة على واقع الموسيقى العربيّة تعليما وممارسة نتيجة اختزال الأبعاد العربيّة في مصطلحين (ربع البعد) أو (ثلاثة أرباع البعد). ولعلّ هذا العمل يساهم في فتح آفاق جديدة لدراسة الموسيقى العربيّة من زاوية ظلّت مهملة منذ ترك المنظّرون العرب مصادر الموسيقى العربيّة.

## الهوامش والإحالات

[1] مشاقّة، ميخائيل، **الرّسالة الشّهابيّة في الصّناعة الموسيقيّة**، تح. إيزيس فتح الله جبراوي، مصر، دار الفكر العربي، 1996، ص. ص. 13-14، 169 ص.

[2] ولد الشّيخ العفريت في تونس العاصمة سنة 1897 وتوفّي بها سنة 1939، ديانته اليهوديّة، وإسمه الحقيقي "إيسيرين إسرائيل روزيو"، تعلّم العزف على آلة الدّفّ وغناء نوبات المالوف والغناء الحضري الشّعبي على يد عديد الفنّانين في ذلك الوقت، أقام عديد الحفلات داخل الجمهوريّة التونسيّة والجزائر وباريس حيث سجّل عديد الاسطوانات فيها.

[3] يمكن تحميل البرنامج والتّعرّف على خصائصه عبر الموقع التّالي:
https://code.soundsoftware.ac.uk/projects/tony

[4] يمكن تحميل البرنامج والتّعرّف على خصائصه عبر الموقع التّالي:
https://www.fon.hum.uva.nl/praat/

[5] يمكن الاستماع لهذه النّسخة عبر موقع (Deezer) على الرّابط التّالي:
https://www.deezer.com/fr/track/67199489
وأيضا عبر موقع (music me) على الرّابط التّالي:
https://www.musicme.com/Cheikh-el-Afrit/albums/Leich-Tghir-Aaliya-3610152851664.html
والألبوم تحت عنوان:
**Leich tghir aaliya,** Cheikh el Afrit, Musiques du monde, 6 mai 2013, 8 titres, Believe / Jasmine.

[6] للاطّلاع على طريقة التّدوين المعتمدة في التّحليل انظر:

- الزّواري، (فايز)، **دراسة تحليليّة-جماليّة حول مقوّمات الأساليب الارتجاليّة في الموسيقى التّونسيّة الحضريّة خلال القرن العشرين "عروبيّات الأغاني مثالا"**، أطروحة لنيل شهادة الدّكتورا في العلوم الثّقافيّة، اختصاص موسيقى وعلوم موسيقيّة، إشراف **مراد السّيالة**، ديسمبر 2017، ص. ص. 71-80، 402 ص. ويمكن قراءة وتحميل الأطروحة على الرّابط التّالي:
https://drive.google.com/file/d/1uTcrteuJxDVSw0eHBdDmyQefaBLkZTdj/view

- الزّواري، (فايز)، مقاربة تحليليّة حول إشكاليّات التّدوين في الموسيقى الارتجاليّة التّونسيّة-العروبي مثالا، جدليّة النّص والخطاب: إشكاليّات التّدوين الموسيقي والتّوثيق، المؤتمر الدّولي السّادس، جامعة صفاقس، تونس، 03-04 أفريل، 2018، ص. ص. 85-92.

[7] هرتز (Hz)، (هز): هي وحدة قياس قيمة أو عدد الذّبذبات الصّوتيّة في الثّانية الواحدة، وتنسب للعالم الألماني (Heinrich Rudolf Hertz 1857-1894).

[8] باعتماد وحدة الهرتز.

[9] DURUTTE, Camille, **Esthétique musicale, Technie, ou Lois générales du système harmonique**, Paris, typographie de Rousseau-Pallez, 1855, p. 28, 621 p.

[10] الفارابي، أبو نصر محمّد بن محمّد بن طرخان، **كتاب الموسيقى الكبير**، تح. وشرح غطّاس عبد الملك خشبة، مراجعة وتصدير محمود أحمد الحفني، القاهرة، دار الكتاب العربي للطباعة والنّشر، 1967، ص. ص. 27-31، 1183 ص.

# قراءة نقدية لظاهرة الذكاء الاصطناعي
# وعلاقته بالموسيقى المقامية

أمير لمهيّش
lemhaiech.amir@gmail.com

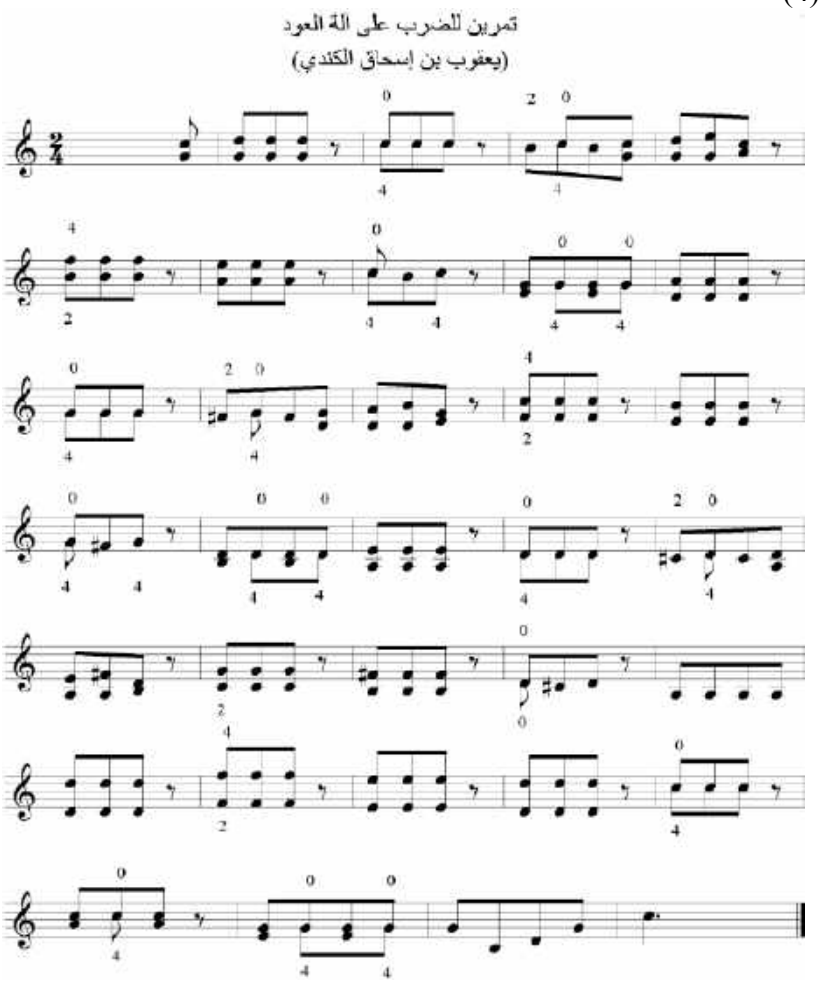
## مدخل عام

تلعب العولمة والتكنولوجيا اليوم، دورا رئيسيّا في المساهمة في حفظ الموسيقات بمختلف أنواعها من التلاشي، وقد شمل ذلك الموسيقات المقامية. والمعروف عن هذا النوع من الموسيقى أنّه يخرج من هامش ومن طيّات التعبيرات الصوتية الارتجالية لدى الشعوب من قديم الزمان، ومؤدّوها قديما لم يمتلكوا غير الموهبة التي كانت الدافع الرئيسي في التعبير وخلق الموسيقى التي تحاكيهم من خلال ما يأتيهم من وحي اللحظة من كلمات وجمل لحنية تكون متّصلة ببعضها البعض من جهة، ومتجانسة بين الأفراد ومحيطهم ومناخهم المنتمين إليه من جهة أخرى، حيث " تكمن حتمية وجود الموسيقى المقامية لحظة أدائها في السياق الذي يكون فيه المؤدّي وجها لوجه مع المتلقي الذي تحاكيه هذه الموسيقى تاريخيّا واجتماعيّا." (Gisèle CLEMENT, 2018) (1) وتبدأ عمليّة الخلق في هذا النوع من الموسيقى بكلمات وأصوات وألحان، فيُعجَب بها المستمع لنقاء محتواها ولمحاكاتها لذاته وتقاليده ومعتقداته التواصليّة، في إدراك كامل لمعانيها، من خلال وجود أشخاص مؤثرين في أوساطهم يعتبرون بدورهم حماة هذه التقاليد وملهميها ودعاتها. وبفضلهم تُلقَّن موسيقاهم بالتواتر الشفوي من جيل إلى جيل قصد الحفاظ عليها وضمان بقائها، بتعلّة أنها تمثّل مشهدا تعبيريا صوتيا يرسم ويلخّص ذاتهم مكونة بذلك أحد أبرز العناصر الممثلة لثقافتهم وهويّتهم. ولم يقتصروا على هذا فقط بل وكانوا يغنّون كذلك أغاني متّصلة بصورة

مباشرة بحياتهم اليوميّة لتصبح الموسيقى عادة يوميّة وجزءًا أساسيّا في حياتهم للترفيه والتعبير. فعلى سبيل المثال نجد "عدة مواضيع ومعاني تُتناول في الغناء عند الأكراد نذكر من بينها ؛ أغاني متصلة بالعمل وأخرى متصلة بالألعاب الترفيهية كما نجد أغاني لها صلة بالطبيعة وأغاني رثائيّة، إلخ." (Mohamed Ali MERATTI, 2016, p. 26-29) (2).

لا يمكن للموسيقي أو الباحث، اليوم، الذي يُعنى بهذا النوع من الموسيقى أن يفكّ شفرة ما تركه أجداده منذ قرون من كلمات وجمل وأفكار لحنيّة على كتابات ومخطوطات بصورة جذريّة ونهائيّة لإعادة أدائها على طريقتهم، لأنّه يصعب اكتشاف طرق الأداء فيها بصورة معمقة ومفصّلة ويصعب عليه كذلك "تحديد الأسلوب التعبيري ونوع الخطاب الموسيقي الذي يتضمّن أدوات واستراتيجيات ومضامين دلاليّة مميّزة تضبطها" (محمد قوجة، 2014، ص.3) (3) نظرا لعدم خضوعها إلى قواعد تحدّد طرق التأليف والأداء فيها على عكس ما نجده في تأليف الموسيقى الغربية الطنينيّة التي ظهرت من خلال عدّة دراسات ونظريات انطلقت منذ أواخر القرن الثالث عشر والتي تعتبر نمطا موسيقيّا مبتكرا وليس عفويّا مقارنة بالموسيقى المقامية. ومن أهم الأسباب التي تجعلنا متيقّنين بأنّ تدوين الموسيقى المقامية غير كافٍ للحفاظ عليها وبأنّنا مجبرون اليوم على استعمال أدوات تسجيل الصوت لحفظ ما لا يمكن تدوينه، ولتصبح المدوّنة الموسيقية بمثابة المدعّم وليست الأصل، هي أنّ في هذا النوع من الموسيقى يصعب علينا فرض حدود، ولا يمكننا فعل ذلك لأنّنا في هذه الحال سوف نمس من المنتوج الموسيقي وسيفقد خصوصيته وأصالته، وبالتالي سيفقد عفويته التي تميّزه. ويُعتبر هذا الفعل بمثابة تشويه للمادة الموسيقية الأولية وللتراث الموسيقي.

دراسة المخطوطات القديمة بنفس طريقة دراسة ما تحمله النوتة الموسيقية من معاني، هو بمثابة القراءة الغنائية المتعارف عليها التي تدرّس بمعاهد الموسيقى اليوم، وهذا لا يمكّن من الوصول إلى

اللحن الرئيسي الذي تحمله المخطوطة؛ "وبالتالي تُعتبر هذه الطريقة بمثابة المسلك الخطأ من ناحية التركيبة اللحنية المقامية والإيقاعية التي من المفترض أن تحمله المخطوطة." (Gisèle CLEMENT, 2018) (4)

**نموذج 1**: إعادة كتابة لتمرين في العزف على آلة العود من تأليف الكندي مجسّدا لعلامات الكتابة الموسيقية الحديثة والذي من الممكن أن يكون مختلفا عن الأصل في أدائه. (مهدي كمون، 2009، ص.48) (5)

فإلى أي مدى يمكن للمختص في الموسيقى المقامية الحفاظ على موسيقاه من التلاشي أو من السلخ من خصوصية هويّتها؟

**1. بوادر المحافظة على الموسيقى المقامية في التكنولوجيات الحديثة**

بدأت فكرة المحافظة على الصوت منذ قديم الزمان إلاّ أنّ إمكانية الشروع فيها بدأت مع مطلع النصف الثاني من القرن التاسع عشر حيث تمّ اختراع جهاز الفونوغراف، والذي يُعتبر أول جهاز لتسجيل الصوت الحقيقي، إلاّ أنّه كان يسجلها ولم يكن قادرا على قراءتها. وتواصلت مجهودات المخترعين ليكتشفوا التسجيل الالكتروني التماثلي « analogique » الذي بدت من خلاله عمليّتا التسجيل والقراءة ممكنتين، ليأتي بعد ذلك في مرحلة متأخرة التسجيل الرقمي منذ ثمانينات القرن الماضي، والذي يعتبر أنجع وسيلة للتسجيل والقراءة نظرا لدقتها، وإمكانية تطورها كانت واضحة بسبب ارتباطها الوثيق بجهاز الكمبيوتر الذي من خلاله يتم التعامل مع كل ما هو رقمي لنتوصّل اليوم لما توصّل إليه علماء التكنولوجيا إلى ما يسمّى بظاهرة الذكاء الاصطناعي.

تتمثّل هذه الظاهرة في إمكانية إنجاز برمجيات تكون خاضعة لمتطلبات المختصّ والهاوي في أي مجال من المجالات، وفي هذا الإطار أنجز بعض المختصين في عالم الرقميّات برمجيات من شأنها تلبية حاجيات الموسيقي الغربي، منها برمجيات تُعنى بالكتابة والتدوين الموسيقي نذكر على سبيل المثال لا الحصر « Finale » و « Encore » و« Sibelius » و « Musescore » ومنها برمجيات تُستعمل للتحليل الموسيقي ودراسة الذبذبات الصوتية مثل « Praat » و « Melodyne » و « Adobe Audition » ومنها ما هو مخصّص لتسجيل الصوت ومعالجته أمثال « Audacity » و« Sound Forge » و« Cubase » . ما يُعرف عن هذه البرمجيات أنّها معدّة خصيصا لكتابة وتأليف وتحليل

الموسيقى الغربية الطنينية التي تخضع لقواعد متّفق عليها عالميّا وتُعتمد في جميع المؤلفات الموسيقية التي تُعنى بالتأليف في هذا النوع من الموسيقى. لهذا نرى بأنّه من الضروري أن نقتبس من هذه التجارب أساليب في التأليف والأداء مع احترام خصوصية النوع الموسيقي الذي نُعنى به في الآن ذاته. إلاّ أنّ الموسيقيين الباحثين المختصين في تأليف وتحليل الموسيقى المقامية شُغفوا بمواكبة هذه الحداثة والتعامل مع المختصّين في صناعة هذا النوع من البرمجيات لكتابة موسيقاهم، فأُنجزت بعضٌ من هذا النوع من البرمجيات خاصة في الكتابة الموسيقية لعلّ أبرزها البرمجية التّركية الأصل « Harmony Assistant » كما حصلت بعض الإضافات على بعض البرمجيات المذكورة أعلاه بغية تلبية حاجيات الكتابة الموسيقية المقامية مثل التي نجدها في برمجية « Finale » وبرمجية « Musescore » لكنها لم تلبّ كل حاجيات هؤلاء بسبب فرضها إلى حد ما طريقة الكتابة الخاصة بالموسيقى الطنينية، فوظّفوها للكتابة فقط وأصبحوا يجتهدون عند القراءة في إضافة ما لم يقدروا على كتابته حتّى يُتخيَّل لهم أنّهم قاموا بحفظ موروثهم الموسيقي وأنّ بإمكانهم تلقينه للأجيال التي تليهم.

يؤيّد بعض الباحثين في مجال الموسيقى المقامية فكرة إدخال ودمج ما يمكن أن تحمله لنا الحداثة والتكنولوجيا لكن مع الحذر الشديد لما يمكن أن تتجاوزه هذه الأخيرة حيال الموروث الموسيقي المقامي. في هذا الإطار يرى سمير بشّة أنّ " العمل الموسيقي يُخلَق من خلال منظومته أو نسقه، ويخترق ذلك النسق ليؤسّس نسقا جديدا، وينخرط في منظومة جديدة تعيد بناء علاقة الأصيل بالدخيل." (سمير بشة، 2012، ص.126) (6) كما يضيف محمد قوجة :

> "كل مجالات الابتكار وكل عمليّات الاستحداث نجدها في صراع بينها وبين التراث حيث أن في زمن الحداثة نجد بعض المساهمات

> الاستحداثية التي من شأنها أن تقوم بالمس من المنظومة التراثية ومن حيث انطلاقها من مرجعيّات ثقافية وحضارية تنتمي إلى الإطار التراثي العام للثقافة، ربطا مع مقوّماتها وإنجازا سيصبح في الموالية لاستحداثه عنصرا من عناصر منظومة تراثية تتبلور في زمن سيتحوّل مباشرة إلى ماض تراثي، لأنّ التراث هو الإنجاز اليوم أيضا، وليس فقط تركات الماضي، وكل تراث كان في يوم ما مستحدثا." (محمد قوجة، 2015، ص.21) (7)

حسب رأينا، مهما كان نوع الاستحداث الذي سيطرأ على أي نوع من أنواع الموسيقى التقليدية لن يسبّب خطرا طالما سعينا للحفاظ على الأصل. لكن يبقى علينا الآن أن نُثبت كيف لنا أن نرمي إلى نوع الحداثة التي من شأنها أن تفيد الموسيقي والباحث في الموسيقى المقامية، وأن نُجبره إلى حد ما على تغيير وجهة نظره إزاء ما تُظهره الحداثة من مخاطر أمام كل ما هو أصيل. في الواقع نريد أن نتبيّن ما يمكن للتكنولوجيا اليوم أو ظاهرة بما يسمّى الذكاء الاصطناعي، والتي تعتبر اليوم بمثابة النهضة التي تمثلها التكنولوجيا في عالم الرقميّات حديثا، أن تضيفه لهذا النوع من الموسيقى، وأنواع الحلول التي يقترحها علينا مبتكرو مثل هذا النوع من البرمجيات حلاًّ للنهوض بها بصفة نهائيّة.

فإلى أيّ مدًى يمكن للذكاء الاصطناعي أن يكون أكثر وفاءًا وامتثالاً لما تحمله الموسيقى المقاميّة من معاني عميقة، مقارنة بالمبادرات السابقة بمختلف أنواعها، حتّى يتسنّى للموسيقي والباحث في هذا المجال أن يكتب ويؤلّف ويحلّل موسيقاه مواكبًا من خلالها لتطورات عصره لما تقدّمه له التكنولوجيات الرقميّة الحديثة ؟

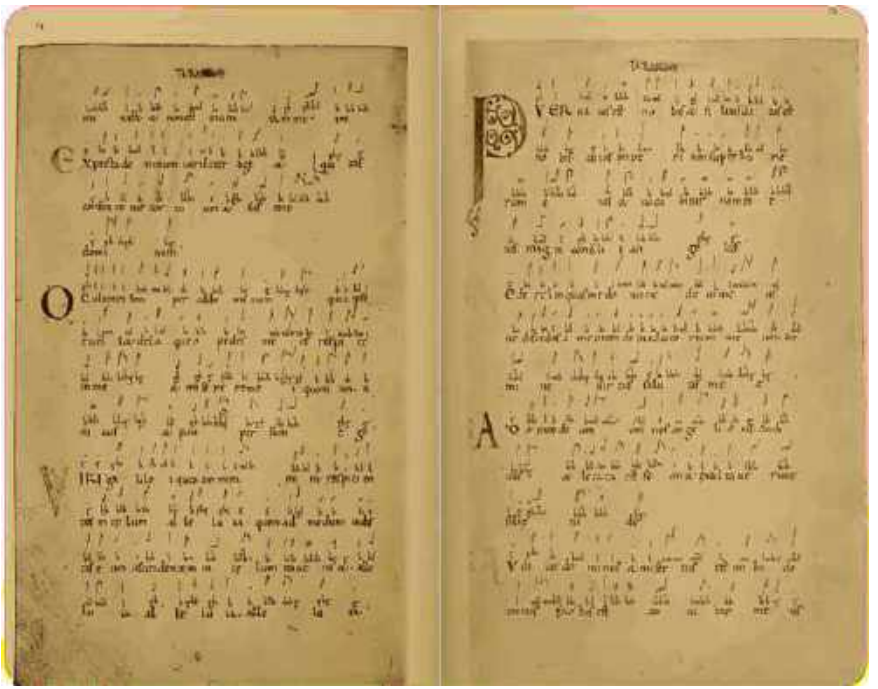
## 2. دوافع توظيف الذكاء الاصطناعي للمحافظة على الموسيقى المقامية وخدمتها

لا يمكن أن نقتصر في عصرنا هذا، عصر الرقميّات والذكاء الاصطناعي، على المكتوب فقط بل لابدّ من استغلال ما يمكن أن تقدّمه لنا العولمة والصناعة الرقمية اليوم من إيجابيات وحلول للحفاظ على الموسيقى المقامية، لأنّ من ميزات التكنولوجيا الرقمية إمكانيّة تسجيل وقراءة ومعالجة الصوت، وخلق أي نوع من أنواع الرموز وكتابتها لاعتمادها في الكتابة والتأليف والتحليل بأكثر وضوح وأكثر ولاء لخصوصيات الموسيقى المقامية. وهذا ما كان ينقص علماء ومنظرو الأمس ليحافظوا على تراثهم الموسيقي الذي تلقونه من الملقون من أسلافهم بحرص شديد، على ألاّ يتمّ تحريفه أو تغييره مع عامل الزمن ونقص الإمكانيات اللازمة لحفظه. لذا نحن نرى أنّه من الضروري اتّباع منطق ومنهج مدروس من قبل الباحثين في الموسيقى المقامية حتّى يتمكّن من خلالهم المختصون في الرقميات والذكاء الاصطناعي من الشروع في إنجاز البرمجيات اللازمة القادرة على الجمع بين ما هو كتابي وتأليفي من الناحية الكيفية، وما هو صوتي مسجّل قابل للتحليل.

يخلق الذكاء الاصطناعي برمجيات قادرة على ترجمة ما يهدف إليه الإنسان ويترجم ما يرمي القيام به رقميّا، فيقول « Jean-Claude Heudin » في هذا السياق بأنّ "الذكاء الاصطناعي يهدف إلى تقليد عمل الدماغ البشري، أو على الأقل إلى استعمال منطقه عندما يتعلّق الأمر باتخاذ القرارات." (8) والحفاظ على التراث الموسيقي بطريقة حديثة ومواكبة لتطورات العصر هو بعينه ما يرمي إليه الدماغ البشري الذي يسعى أن يكون هذا العمل من مهام الذكاء الاصطناعي حتّى تشهد الموسيقى المقاميّة تطورا وارتقاء فريدين من نوعهما، يمكن أن يساهما في مزيد الإشهار بها وانتشارها في باقي أنحاء

العالم، وأن يجعلاها في مكانة أرقى مما هي عليه لتحظى بأكثر عناية وحرص للحفاظ عليها مع تقدّم الزمن.

لاحظنا عند فرض ضوابط على الموسيقى المقامية كما رأينا مع أنواع البرمجيات السابقة أنها ستفقد قيمتها وستصبح موسيقى معالجة مثل ما هو الحال مع الموسيقى الطنينية الغربية، وفي هذا الحال ندعو صانعي البرمجيات لاختراع برمجيات للكتابة والتأليف والتحليل الموسيقي المقامي أكثر ذكاءً وطوعًا حتّى يتمكّنوا من تجسيد واقع الموسيقى المقامية. لكن قبل هذا يجب على الباحثين في الموسيقى المقامية في كل أنحاء العالم أن يجتهدوا، كل من مكانه حسب التراث الموسيقي الذي يعنيه ويخصّ جهته، في خلق رموز وكتابات تكون أكثر تطابقا لما تبلّغه الموسيقى التقليدية الخاصة بجهته بدرجة أولى وبالموسيقى المقامية بصفة عامة، حتّى يتمكّن المختصوّن في الذكاء الاصطناعي من خلق برمجية تحتوي على رموز موسيقية (تُكتب وتُقرأ) لكل جهة، تكون أكثر امتثالا لمتطلبات الموسيقي والباحث في هذا المجال. فالموسيقيون الغربيون اليوم المختصون في موسيقاهم التقليدية أمثال « Brice Duisit (9) » و « Damien Poisblaud (10) » و« Gisèle Clément (11) » وغيرهم يتناولون موسيقى العصور الوسطى بصورة مختلفة كل الاختلاف عن الموسيقى الطنينية. وهم اليوم يسعون للكشف عن أهم النقاط والرموز والكتابات وطرق التحليل التي يمكن لهم أن يطرحوها على المختصين في مجال الذكاء الاصطناعي حتّى يتمكّنوا من إعداد برمجية تمكّنهم من إعادة إحياء وكتابة وتأليف وتحليل موسيقاهم التقليدية التي لم يبق منها سوى مخطوطات تعود أولاها إلى القرن التاسع الميلادي، وبذلك يحمونها من الاندثار والتلاشي مع إظهارها في صبغة رقمية ذكية بغية انتشارها والتعريف بها على الصعيد العالمي.



**نموذج 2** : الصفحتان 74 و75 من المخطوطة « H 159 » (تعود إلى بداية القرن الحادي عشر)، والتي تتضمّن إحدى الكتابات الموسيقية في العصور الوسطى التي شغل كلّ من « Gisèle Clément » و« Damien Poisblaud » بفكّ شفرة الرموز والكتابات فيها ودراستها علميّا ومحاولة غنائها (12).

من المفترض أن يقوم كل الباحثين في مختلف الموسيقات المقامية العالمية بنفس الدّور، ويبقى عليهم أن يجتمعوا في ملتقى دولي للتفاهم على ابتكار طريقة أو طرق كتابة وتأليف مختلفة، وكذلك طريقة أو طرق تحليل مختلفة حتّى يمدّوا خبراء التكنولوجيا والذكاء الاصطناعي بالمعطيات اللازمة كي يشرعوا في إنجاز برمجيات تتماشى مع متطلبات الموسيقي والباحث في الموسيقى المقامية من تأليف وتحليل موسيقي بصورة تتماشى مع تطوّرات عصرهم محافظة

على مميّزات موسيقاهم. وبالتالي إما أن يعملوا على إمكانية ابتكار طريقة كتابة وتأليف وتحليل موحّدة لجميع أنواع الموسيقات المقامية العالمية وبذلك سيتسنّى لعلماء التكنولوجيا الحديثة إنجاز برمجية موحّدة وخاصة تجمع هذا النوع من الموسيقات، وإما أن يتّفق كل مجموعة موسيقيين وباحثين في الموسيقى المقامية من كل بلاد على ابتكار طريقة كتابة وتأليف وتحليل خاصة بكلّ نوع من أنواع الموسيقات التقليدية حسب طريقة الأداء في كل جهة وعند كل فئة، وبذلك سيتسنّى للمخترعين إنجاز برمجيات متنوّعة خاصة بكلّ نوع من أنواع هذه الموسيقات كي تحافظ كل منها على خصوصيتها وميزتها من حيث الكتابة والتأليف والتحليل. وقد سبق أن أُحدثت بعض دراسات لعدّة موسيقات مقامية في القرن التاسع عشر من طرف "ثلّة من أبرز الباحثين الأوروبيين المختصّين في هذا التّوجّه الموسيقي، نذكر منّهم (13) « Alois Hàba » و« villoteau» و« Kiesewtter » و« Caussin de Perceval» و« Soriano-Fuertes » و« Christianowitsch » و« Daniel » و« Land » و Carra de » و« Ribera » و« Berner » و« Lachmann » و« Chottin »." (Mahmoud .(14) GUETTAT, 1980, p.15)

## 1.2. مؤتمر القاهرة الأوّل للموسيقى العربية : نتائج للمراجعة والإصلاح

من أبرز المبادرات المماثلة لهذا الغرض، هي إقامة مؤتمر القاهرة الأوّل من نوعه للموسيقى العربية سنة 1932 (15). ومن أبرز الدوافع والنوايا التي ساهمت في إقامة هذا المؤتمر هي المحافظة على الموروث الموسيقي لكل بلاد عربية من التلاشي، خاصة وأنّ تلك الفترة هي الحقبة الاستعمارية بالنسبة للعالم العربي وفترة ما بين الحربين العالميتين، وقد عرفت خرقا تدريجيا لتراث وحضارات هذه البلدان. ومن خلال هذا المؤتمر وقع جمع كل الموسيقات التقليدية وتدوينها

على الطريقة الغربية وتسجيلها وحفظها في اسطوانات بمساعدة بعض الموسيقيين ومختصي الصوت الغربيين.

من خلال هذه المبادرة، لجأ الموسيقيون الغربيون، لحفظ وكتابة التراث الموسيقي للبلدان العربية، إلى الاعتماد على السلالم التي يستعملها العرب في موسيقاهم منذ القرن التاسع وتحديدا في الفترة العبّاسيّة، من خلال ما توصّل إليه المنظرون العرب في الموسيقى العربية (16).

بما أنّ "الكتابة أوّلا كمفهوم عام، هي وسيلة للتبليغ على مختلف الانفعالات الاجتماعية وعلاقتها مع المحيط العام في سياق متحوّل، تفرضه علاقة الإنسان بمحيطه". (عزيز الورتاني، 2015، ص.111) (17) رأى الموسيقيون الغربيون في مؤتمر القاهرة أنّه من الممكن أن يدوّنوا الموسيقى العربية على الطريقة الغربية، فاستعملوا نفس أشكال ورموز الموسيقى الغربية الحديثة ولم يسعوا لاستنباط طريقة كتابة جديدة لها أو اعتماد طريقة كتابة لموسيقى من نفس نمطها مثل التي نراها في مخطوطات المنظرين الموسيقيين العرب في العصر العباسي، أو التي نجدها في مخطوطات الموسيقى الغربية في العصور الوسطى وهي لا تزال في طور البحث، والتي تمكّنوا من كشف بعض ملابسات طريقة التدوين الموجودة فيها وكذلك قراءتها رغم تنوّعها واختلافها، مقارنة بمخطوطات أخرى، حسب الجهات. حيث لم تكن الكتابة التي اعتمدوها في المؤتمر كافية لتبليغ البعد العميق والدلالات التي وراء هذا النوع من الموسيقى المقامية وغيرها، لأنّ حفظ خصوصياتها يكون بالمحافظة على كل ما هو عفوي ونقي فيها، وكل ما هو عفوي ونقي في الموسيقى لا يمكن إيصاله إلى المستمع إذا ما كان منقولا بتصرّف، وبكتابة غير ملائمة لها.

تعتمد الموسيقى العربية بالأساس على التلقين الشفوي، وعلى درجات مقاميّة مستمدّة من مبدأ تآلفيّ تكون درجاته أغلبها متحرّكة وبعضها الآخر ثابتة بحكم الجاذبية الطبيعية حسب الأهمّية، تكون

درجة القرار فيه المحور الأساسي الذي يحوم حوله سير اللّحن ويبنى على أساسه، وتتغيّر فيه الغمّازات حسب نوعيّة الخلايا المكوّنة للمقام، كما نجد درجات يفصح تجنّبها أو تأكيدها عن شخصيّة المقام، حيث تساهم في إفراز روح المقام من خلال ما تساهم فيه من تكوين تراكيب لحنية ليستمدّ منها قدراته التعبيرية والتأثيرية، التي تنقسم إلى ثلاثة أبعاد؛ بعد فنّي ثابت يتمّ من خلاله التعرّف على المقام، بعد تأثيري يختلف وقعه حسب الإدراك الحسي والمزاج النفسي للمؤدّي والمتلقّي، وبعد ما ورائي يتمثّل فيما يحمله كل مقام من قدرة تأثيرية خاصة. وفي الأداء يعتمد الكثير على الإضافات الشخصية من زخارف وتلوينات وارتجالات نغمية وإيقاعية لتجاوز قيود الخط اللحني ولإظهاره في صوره الجمالية والمتنوّعة. (محمود قطاط، 2019، ص. 51-53) (19) وكذلك الشأن بالنسبة للموسيقى المقامية عموما. وبالتالي ما قام به الموسيقيون الغربيون كان بمثابة عملية تبسيط، كي يتمكّن الموسيقي المعاصر من فهم المنطق الذي وراء الخطاب الموسيقي العربي.

**الخاتمة**

أردنا من خلال مقالنا هذا طرح ووضع نقاش حول ما يمكن أن يضفيه الذكاء الاصطناعي من بصمته الرقمية الحديثة على الموسيقى المقامية التقليدية، التي تعتبر من بين التعبيرات الانسانية العفوية، فهي تلك العناصر الممثلة للثقافة والهويّة الخاصة بالشعوب، وبالتالي فهي تمثّلهم وتحاكيهم. فمن أهداف الذكاء الاصطناعي القيام بما سعى الإنسان في التفكير فيه بصورة متميزة وبمواصفات دقيقة خالية من العيوب، مُظهرةً الصورة المثالية لما جاء في مخيّلته. إلاّ أنّ الموسيقى المقامية -نتيجة لعفويتها-، لا يمكنها أن تتمظهر في صورة

مثالية في ظل ما يمكن أن تقدمه لها الوسائل التكنولوجية، باعتبار أنّ كل ما هو عفوي لا يمكن أن يكون مثاليا.

فرأينا أنّ بعض المبادرات التي حصلت للمحافظة على الصوت منذ نهاية القرن التاسع عشر، من خلال وضع اختراعات تعنى بالتسجيل الصوتي، قد نجحت إلى حدّ ما. فسعى المختصون إلى توظيف ما يمكن أن تضيفه التكنولوجيا من تحديثات وإضافات، ووصلوا بذلك إلى خلق برمجيات ساهمت في كتابة الموسيقى وتطوير طرق التأليف والتحليل وتسجيل وقراءة الصوت بجودة عالية مع إمكانية تعديلها، غير أنّ هذه البرمجيات لم تتمكن من خدمة الموسيقى المقامية بكيفية ترضي تطلعات الباحث الموسيقي المختص في هذا النوع من الموسيقى. وبالرغم من كل هذا مازال البعض من الباحثين والموسيقيين من يؤمن بإمكانية توصّل الذكاء الاصطناعي إلى إحداث تقنيات من شأنها أن تكون في مستوى تطلعاتهم للمحافظة على تراثهم الموسيقي، وهم بصدد إثبات ذلك إلى اليوم.

لقد أشرنا في ورقتنا العلمية هذه إلى أنّه من المحتمل إمكانية توحيد لغة الخطاب والتحليل والتأليف من طرف الباحثين والموسيقيين في الموسيقات المقاميّة، وذلك بهدف تسهيل وضع برمجيّات تتماشى مع مختلف أنواع هذه الموسيقات. إلاّ أنّ ما قام به الموسيقيون الغربيون في مؤتمر القاهرة الأول للموسيقى العربية هو محاولة لفرض النظام الموسيقي الطنيني على الموسيقات العربية لحفظها وتقنينها. فأمام هذه الوضعية المتناقضة يفترض على المختصين في الموسيقى المقامية مزيد التعمّق والبحث قصد إعادة النظر في كيفية كتابة وتأليف وتحليل الموسيقات العربية/المقامية حتى يتمكن المختصون من ابتكار برمجيات أكثر ولاءً لخصوصياتها.

## الهوامش والإحالات

(1) CLEMENT, (Gisèle), *Introduction à l'oralité et à l'écriture musicale médiévale*, de la conférence : Tradition orale et notations musicales – le dilemme des musiques médiévales ou réenchanter la musique du moyen âge, Conservatoire à Rayonnement Régional de Montpellier 3M, espace Candolle, salle Edgare Varèse, le 06 avril 2018.

(2) Voir :

MERATI, (Mohamed Ali), **Les maqâms anciens et les instruments de la musique kurde d'Iran et d'Irak**, Paris, L'Harmattan, 2016, p. 26-29.

(3) قوجة، (محمد)، الخطاب الموسيقي في تونس، إشكاليّة تحديد المفاهيم والمناهج، الموسيقى والفنون التونسية في مجالها العربي الإسلامي والإفريقي والمتوسّطي، البصمة المغاربيّة، صفاقس، ط.1، دار نهى للطباعة، 2014، ص.3.

(4) CLEMENT, (Gisèle), *op. cit*.

(5) كمّون، (مهدي)، الكندي وآلة العود "البعد الثلاثي لآلة الحكماء عند الكندي"، الحياة الموسيقيّة، سوريا، عدد 54، الهيئة العامة السوريّة للكتب، 2009، ص. 48.

(6) بشّة، (سمير)، **الهوية والأصالة في الموسيقى العربيّة**، تونس، ط.1، منشورات كارم الشريف، 2012، ص.126.

(7) قوجة، (محمد)، من أجل قراءة نقدية لمفهوم التراث الموسيقي في علاقته بجدليّة المحافظة والاستحداث، الموسيقى والفنون التونسية في مجالها العربي الإسلامي والإفريقي والمتوسّطي، البصمة المغاربيّة، صفاقس، ط.1، دار نهى للطباعة، 2015، ص.21.

(8) https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-intelligence-artificielle-555/ , consulté le 5 février 2020.

(9) Brice Duisit est luthiste de formation, il suit les cours du Conservatoire National de Musique de Pau. Passionné par les musiques médiévales, il se perfectionne au CNSM de Lyon en paléographie musicale et dans la pratique du contrepoint des XII$^{e}$ et XIII$^{e}$ siècles. Son intérêt grandissant pour l'époque romane (XI$^{e}$-XII$^{e}$ siècle) l'amène à aborder le répertoire des poésies lyriques et à s'initier à la vièle à archet. Il s'ensuit toute une recherche sur les premières poésies en langues romanes et il développe une interprétation racée basée sur le rapport du texte à la musique, de l'instrument à la voix, du compositeur à l'interprète.

(10) Damien Poisblaud se passionne très tôt pour la restauration du chant grégorien. Le style d'exécution du grégorien qui s'est imposé au XX$^{e}$ siècle le convainc très tôt de la nécessité de replacer ce chant dans une vraie tradition orale et d'en renouveler entièrement les procédés vocaux. Cette approche par imprégnation lui semble la seule capable de rendre véritablement compte de la complexité et de la précision des premiers manuscrits musicaux d'Occident. Il chante durant plusieurs années avec l'ensemble Organum. Ses nombreux concerts, stages et master class, ses conférences et ses interventions lors de colloques universitaires l'ont fait connaître comme l'un des meilleurs spécialistes du chant grégorien à l'heure actuelle.

(11) Gisèle Clément est une spécialiste de l'histoire des musiques médiévales, Maître de conférences en Musicologie à l'université Paul Valéry Montpellier 3 et membre depuis 2002 du Centre d'Études Médiévales de Montpellier. Elle articule ses recherches principalement autour du chant liturgique et plus particulièrement sur les chants de procession de IX$^{e}$ au XV$^{e}$ siècle ainsi que sur le motet aux XIII$^{e}$ - XIV$^{e}$ siècles. Ses travaux portent sur les questions liées à la vocalité et aux conditions de la performance musicale au Moyen Age.

(12) *Codex H 159 de la Bibliothèque de l'Ecole de médecine de Montpellier : antiphonarium tonale missarum, XIe siècle*, publié par les moines de Solesmes [reproduction en fac-similé], coll. Paléographie musicale VII-VIII, 1995.

(13) http://www.huygens-fokker.org/whoswho/haba.html consulté le 9 février 2020.

(14) GUETTAT, (Mahmoud), **La musique classique du Maghreb**, Paris, Sindbad, 1980, p. 15.

(15) لمزيد التحقيق في هذه المسألة أنظر :

- وزارة المعارف العمومية، **مؤتمر الموسيقى العربيّة 1932**، القاهرة، المطبعة الأميرية بالقاهرة، 1933.

(16) تسمية اتفق عليها بعض الموسيقيين الغربيين لتسهيل عملية التدوين الموسيقي والأداء الخاصة بالموسيقى العربية. لمزيد التحقيق في هذه المسألة أنظر :

(17) الورتاني، (عزيز)، الكتابة الأوركسترالية لآلة العود في العالم العربي "كونشرتو الأندلس" نموذجا، البحث الموسيقي، عمّان، مج.14، المجمع العربي للموسيقى، 2015، ص. 111.

(18) راجع ما جاء عن:

- قطاط، (محمود)، المقامية العربية : أصول وروافد، المقامية من منظور الحداثة، تونس، ط.1، Sotumedia، 2019، ص. 51-53.

# الموسيقى المقاميّة في زمن العولمة

عبد الله العيّادي
ayadi.abdallah1@gmail.com

**تمهيد:**

تَعرف الإنسانيّة قاطبة تحوّلات هامّة في بداية الألفيّة الثّالثة، والأكيد أنّ السّبب الرئيسيّ في ذلك يعود إلى الثّورة التّكنولوجيّة التّي بدأت تتشكل ملامحها منذ ثمانينيّات القرن المنصرم. فقد أصبحنا اليوم نتحدّث عن "العصر الجديد" وهو عصر العولمة التّي أثّرت بشكل واضح في كلّ مجالات حياة البشريّة من اقتصاد وعلوم وفنون... وبديهيّ ألاّ نستثني فنّ الموسيقى بصفة عامّة من هذا التّأثير وهذه العلاقة التّفاعليّة حيث سنحاول تعميق النّظر في هذا البحث الموجز في ظاهرة الموسيقى المقاميّة على وجه الخصوص في زمن العولمة بمنطق أنطولوجيّ.

## 1- في تعقّل الموسيقى:

بالعودة إلى ما كُتب حول تاريخ الموسيقى، نجد بأنّ الإنسان البدائيّ قد عرف الموسيقى منذ الفترات الأولى لوجوده، وتقول التّصنيفات العلميّة التّاريخيّة للوجود الإنساني أنّ " الإنسان الموسيقي" «Homo musicus» قد ظهر قبل " الإنسان العارف" « Homo sapiens».(1)

ولكنّ، التطوّر الإنساني كان ولا يزال قائما على المعرفة والتّي قوامها العقل. فالعقل هو ما يميّز الإنسان عن سائر المخلوقات ويمّكنه من آليّات التّفكير والتحليل والنّقد والبناء... ولذلك، عرف المجتمع الإنساني عبر تاريخ وجوده، ظهور العديد من التيّارات الفكريّة والفلسفيّة التّي انبنت عليها حضارات وأمم عديدة. وإذا ما أخذنا الغرب مثلا، فسنجد أنّهم يحدّدون تاريخهم بفترات محدّدة كما قبل

الحداثة، الحداثة، ما بعد الحداثة... (2) (سمير الخليل، 2014، ص 84) ولم تكن الموسيقى الغربيّة مثلا استثناءً ولكنّها تدعم هذا القول حيث أنّ المؤرّخين قد حدّدوا حقبات أو عصور الموسيقى الغربيّة حسب منطلقات فكريّة فنجد عصر الباروك، العصر الكلاسيكي، العصر الرّومنطيقي...إلخ. حيث تتميّز كلّ فترة بفكر وفلسفة معيّنة تسود في المجتمع وتحكم في كلّ مجالاته الحياتيّة. فالعقل البشري هو المحدّد لنمط العيش وهو الذّي ينحت الثقافات ويبني الحضارات. فما هو حظ الموسيقى المقاميّة من هذا العقل؟

تعدّ الموسيقى المقاميّة ظاهرة كونيّة لأنّها تتعدّى حدود المنطقة العربيّة مثلما يعتقد البعض لتصل إلى عديد البلدان في كلّ القارّات تقريبا. وتعني المقاميّة "... الاعتماد على مبدأ **المقام** أو **الطبع** الذّي يعبّر في نفس الوقت عن سلّم موسيقي معيّن، وعلى ما يتضمّنه من خاصيّات وما يثيره من تفاعلات سيكولوجيّة وفيزيولوجيّة". (3) (الأسعد الزواري، 2008، ص 15) ولسائل أن يسأل هنا هل أنّ تصنيف الموسيقى التّونالّيّة الغربيّة كموسيقى عقلانيّة – حسب قول ماكس فيبر مثلا-على عكس الموسيقات المقاميّة (4) هو تصنيف موضوعي أو له غايات تقزيميّة عنصريّة لتحُطّ من مكانة كل ما هو غير أوروبي؟

صحيح أن الموسيقى التّونالّيّة مبنيّة بالأساس على الهرمنة والتي هي مبدأ رياضي في جوهرها ليس إلاّ. ولكن هل يمنع هذا القول من نعت الموسيقات المخالفة لمبدأ التّونالّيّة باللاّعقلانيّة أو المتخلّفة؟ ألا نكون كباحثين في العلوم الموسيقيّة مقصّرين في حقّ المقاميّة أو غير قادرين على فكّ نواميسها الباطنة؟ أو أنّنا قد أخذنا أقوال بعض المنظّرين الأوروبيّين كمسلّمات إقصائيّة دون تمحيص وتشكيك وتفكير؟

سنحاول في هذا المقال تعقّل الموسيقى المقاميّة عبر الاستئناس ببعض المناهج الفلسفيّة التّي يمكن لها أن تنير لنا درب الفهم وتعقّل الموسيقى المقاميّة لاسيّما وأنّ علاقة الفلسفة بالموسيقى هي علاقة

قديمة جدّا ولنا في كتابات الفارابي والكندي على سبيل الذّكر لا الحصر خير دليل. ولعلّ ذلك ما يؤكّد فرضيتنا بوجود عمق فكري وفلسفي للموسيقى المقاميّة، فلولا ذلك ما كان للفلاسفة العرب القدامى الحديث عن الموسيقى وصناعتها في رسائل مختلفة. فالتعقّل هو "... إدراك «الأشياء الإنسانيّة» والسعي بها إلى نيل السعادة. هكذا تكون التعقّلية تمشّيا في الحياة يأخذ العقل ركيزة لأعماله لينفتح على النظر والعمل والإحساس والأخلاق". (5) (فتحي التريكي، 2009، ص. ص 152)

وإذا اعتبرنا المقاميّة كظاهرة تتجاوز الحدود المحليّة لكلّ بلد تُعتمد فيه، فإنّ ذلك يشرّع لنا دراستها من المنطلق الفينومينولوجي الذّي يبحث عن " أحوال الوجود من حيث هو وجود" (6) ( فريديريك نيتشه، 1983، ص 21). ولعلّ التّزاوج الحاصل -إن صحّ التّعبير-بين الفينومينولوجيا والهرمينوطيقا يجعل الباحث متمكنّا من المقاميّة ما ظهر منها وما بطن. فالهيرمينوطيقا عندما اعتمدت في علم اللاهوت كان السبب الرئيسي هو فهم وتفسير وتأويل النصوص الدينيّة وتجاوز ما هو مجسّد وظاهر للعيان في المخطوطات والنصوص المقدّسة. (7) (صفدر إلهي راد، 2019، ص.ص 14-15). " فالتّوجّه القصدي كما يقول الظّاهراتيّون عنصر أساس في الإدراك والتّحصيل المعرفي" (8). (شريف هزّاع شريف، 2008، ص 20).

وإذا أردنا الغوص في قصديّة الموسيقى المقاميّة منطلقين من النّصوص المكتوبة، فإنّنا سنصطدم بالعديد من العوائق التّي تحول دون تحقيق أهدافنا خاصّة وأنّنا نعتمد على نفس الطريقة المعتمدة في الكتابة الموسيقيّة الغربيّة في تدوين الموسيقى المقاميّة. و

> " من الطبيعيّ إذا أن تظهر عدة إشكاليّات عند استعمال هذه الطريقة في الكتابة الموسيقيّة لتدوين موسيقات مختلفة عن الموسيقى الغربيّة. لذا، ومنذ ظهور أوّل الدراسات في علم الموسيقى المقارن، تفطّن العلماء إلى عدم صلوحيّة الكتابة الغربيّة لتدوين الموسيقات الأخرى، فتعدّدت المبادرات

والإضافات لتوظيف هذه الكتابة وتطويعها إلى مستلزمات الموسيقات المراد تدوينها {...} Blacking من ناحيته، توصّل إلى نفس هذه النتيجة، فيقول إنّه يشكك حتى في جدوى نشر كتابات موسيقيّة لثقافات مختلفة إن لم تكن مصاحبة بوثائق سمعيّة. هذا يدلّ على عدم قدرتها على تبليغ الرّسالة الموسيقيّة بمفردها (أي الكتابة الموسيقيّة). فالاعتماد على هذه الكتابات يؤدّي حتما إلى تشويه الواقع الموسيقي". (9) (مراد السيالة،2007، ص. ص 41_42).

ويجرّنا هذا الحديث إلى التّعريج على مسألة شديدة الأهميّة بالنّسبة للموسيقات المقاميّة ألا وهي التّحليل الموسيقي.

يُعتبر التّحليل الموسيقي من أهمّ الوسائل المُعتمدة لدى جموع الموسيقولوجيّين لفهم الآثار الموسيقيّة. وكلّنا يعلم بأنّ الموسيقى العربيّة مثلا لا يوجد لها منهج تحليليّ محدّد ومخصوص يتماشى مع خصوصيّات منظومتها الإيقاعيّة والمقاميّة؛ وهو ما يجعلنا نتساءل لماذا لا نجد طريقة خاصّة بالموسيقى العربيّة على مستوى التحليل؟ وحتّى إن وجدت بعض المحاولات خاصّة على المستوى الأكاديمي فهي تُعتبر في أغلبها وصفيّة وتقتصر على ذكر المساحة الصوتيّة والأجناس والمقامات والأشكال والخلايا الإيقاعيّة المستعملة لا غير. ويبقى السّؤال الأهمّ هو لماذا يتمّ إخضاع الموسيقى المقاميّة لطرق التحليل الغربيّة رغم الاختلاف الجوهري بينها (أي الموسيقى المقاميّة والموسيقى الغربيّة التّونالية) ؟

كلّ هذه التّساؤلات تجعلنا نؤكّد بأنّ الموسيقات المقاميّة، وخاصّة منها العربيّة تعيش أزمة ابستيمولوجيّة عميقة، فإن كنّا عاجزين عن إيجاد طريقة تحليل خاصّة بهذه الموسيقات المقاميّة فهذا يعني أنّنا لم نفهم بعد العمق الفكري لموسيقانا ولعلّ أكبر دليل على ذلك هو طريقة تأريخنا لموسيقانا العربيّة المبنيّ أساسا على الشخصيّات الموسيقيّة كأن نقول فترة محمّد عبد الوهّاب في مصر أو محمّد التريكي في تونس...

وإذا نظرنا إلى الغرب مثلا، فسنجد أنّهم يحدّدون ويؤرّخون حسب الفكر والفلسفة السائدة في المجتمع في حقبات زمنيّة مختلفة ( مثل عصر الباروك، العصر الكلاسيكي، العصر الرّومنطيقي...) ممّا مكّنهم من خلق مجال للنّقد الموسيقي يلعب فيه العقل الدور الأبرز في فهم الواقع الموسيقي وتعقّله وتحليله واستشراف المستقبل. فأين العرب وأهل المقاميّة من هذا؟ ولماذا لا نؤرّخ بالاعتماد على الفكر والفلسفة مثلما هو الشأن بالنسبة للغرب؟

لقد أصبح لزاما على الباحث في الموسيقى المقاميّة اليوم أن يعتمد مثلا على المناهج النّقديّة التّي تعطي الأولويّة للعقل لفهم هذه الموسيقى لأنّ ذلك يعتبر مسألة حياة أو موت في عصرنا الرّاهن، فالمسألة هي مسألة إثبات وجود. وفي سبيل البحث عن المعنى، عادة ما يعتمد الباحث الموسيقي على التحليل وفق طرق أو مناهج متنوعة تنهل من العلوم الإنسانيّة واللّسانيّات في أغلبها. وتحيلنا كل هذه المناهج التحليليّة إلى التّساؤل عن أسباب هذا التنوع المنهجي؟

إنّ التنوع المنهجي الحاصل على مستوى مناهج تحليل الموسيقى المقاميّة يعبّر حسب اعتقادنا عن:

- شدّة تنوّع المادة الموسيقيّة المقاميّة.
- صعوبة تناول المقاميّة من منظور واحد فقط.
- عُسر تعقّل المقاميّة عبر المناهج المعتمدة في تحليل الموسيقى التّونالّية.
- تقصير الكتابة أو التّدوين الموسيقي في ترجمة "المادّة المقاميّة المسموعة."

إنّ تعقّل الموسيقى المقاميّة عبر التّحليل الموسيقي، هو عمليّة مستعصية وتجعلنا نبحث دائما عن بدائل وآليّات جديدة لاستقراء "الوظيفة الإفهاميّة" للخطاب الموسيقي المقامي.

## 2- الوظيفة الإفهاميّة وآليّات إدراكها:

عندما تحدّث عبد السلام المسدّي عن الخطاب، حدّد ثلاثة عناصر أساسيّة ألا وهي الباث، الرّسالة والمتقبّل. وتربط بين هذه العناصر العديد من الوظائف ولعلّ أبرزها الوظيفة الإفهاميّة (10) (عبد السلام المسدي، 1982، ص. 159). ولعلّ الاستئناس باللسانيّات هو من بين السّبل الكفيلة بإبراز المعاني الخاصة بالخطاب الموسيقي مهما اختلف نوعه. ويمكن أن نميّز في هذا المجال بين نوعين من الخطابات: فنجد الخطاب الموسيقي الأبولوني أو الأفلاطوني أي العقلاني (11) وهو يشمل كل الموسيقى الغربية المتقنة والمبنيّة على أساس الكتابة الموسيقيّة وفق منظومة الهرمنة والتناقط، والخطاب الديونيزوسي (12) هو خطاب المبني على جدليّات الروح والجسد والوعي واللاوعي... ونجد فيه مجالا واسعا للتعبير عن حالات النشوة والتعبير الانفعالي والأحاسيس الجامحة... وبالتالي يمكن لهذا الخطاب الديونيزوسي أن يستوعب الممارسات الموسيقية ذات الطابع المقامي والتي تعتمد على مبدأ الهوموفونية والهيتيروفونية مع إعطاء حيز هام من الحرية في التنفيذ الآلي والغنائي من خلال الارتجال والزخرفة. ويمكن أن نُدرج مثلا الموسيقات الطرقية والصوفية والفلكلورية والشعبية المتواترة عبر تقنيّة المشافهة في صلب هذا الخطاب. ولكن يبقى السّؤال هنا: كيف يمكننا استخراج المعنى وفهم هذا الخطاب الذّي يتعارض في بنيته عن الخطاب الأبولوني؟

تستوجب منّا عمليّة إدراك الوظيفة الإفهاميّة للخطاب الموسيقي الدّيونيزوسي البحث عن طرق منهجيّة تمكّننا من بلوغ هذا الهدف. ولعلّ أفضل وسيلة لفهم مثل هذه الخطابات هي الهيرمينوطيقا التي توفّر كل التقنيّات الخاصّة بالفهم والتفسير والتأويل.

" فغادامير يقول: «ليس التأويل بالممارسة اللاحقة للفهم، فأن نفهم يعني بالضرورة أن نؤوّل، وهذا يعنى أنّ التأويل هو

الشكل الظاهر للفهم (...) وهو ما سار في ركابه بول ريكور الذي حرص على أن يثبت أن التأويل يتنزّل في قلب عملية الفهم وهـو يرى أنّ التفسير والفهم لا يشـكلان قطبـين متعارضـين متلاغيـيّن، ولكنهما لحظتان على وثيق صلة بتهمشّ معقّد يمكـن أن نسـمّيه تأويلا". (13) (محمد علي الموساوي، 2011، ص. ص 53-54)

فهذه المستويات (أي الفهم، التفسير والتّأويل) هي التي تمكّن الباحث من فهم أي خطاب وتفسيره وكذلك تأويله. وليس بالغريب أن نجد اليوم الهيرمينوطيقا الموسيقيّة كتيّار بحثي جديد يعمل عليه بعض الموسيقولوجيين الغربيّين مثل ماريو باروني Mario Baroni(14) (Mario Baroni, 2003, p.p 272-299 ) وإن كانت تدلّ على شيء فهو المأزق الابستيمولوجي الذي تعيشه الموسيقى الغربيّة الكلاسيكيّة. ويقول إيريك هوبزباوم في هذا الصّدد:

" الموسيقى الكلاسيكيّة تعيش أساسا على مخزون ميّت. فمن بين الستين أوبرا أو نحو ذلك التّي قدّمتها دار الأوبرا في فيينا في عروضها في سنة 1997/1996، واحدة فقط ألّفها مؤلف وُلد في القرن العشرين، والأمور ليست أفضل من ذلك بكثير في قاعة العروض الموسيقيّة. كما أنّ جمهور العروض الموسيقيّة المحتملين، حتّى في مدينة يسكنها أكثر من مليون نسمة، يتكوّنون في أفضل الأحوال من حوالي عشرين ألفا من السيّدات المسنات والسادة المسنّين، وبذلك لا تكاد هذه العروض تغطّي تكاليفها. يستحيل دوام الحال على هذا المنوال إلى ما لا نهاية. حقّا، طالما ظلّ مخزون البرنامج الموسيقي مجمّدا في الزّمان، فلا يمكن حتّى للعدد الهائل من الجمهور المستجد من مستمعي الموسيقى بشكل غير مباشر أن ينقذ مجال الأعمال في الموسيقى الكلاسيكيّة." (15) (إيريك هوبزباوم، 2015، ص.ص 69-70).

إنّ ما يشهده الغرب اليوم من تحوّلات اجتماعيّة أثّر حتما على الميولات الموسيقيّة والذّوق الموسيقي. ولعلّ عودة انفتاح الغرب على الموسيقات الشعبيّة والفلكلوريّة -التّي سعى منذ زمن للقضاء عليها لإعلاء راية الموسيقى الكلاسيكيّة التّي تحظى وحدها بشرف الدّراسات الموسيقولوجيّة (Margaret Bent, 2003(16) ،-611 p.p 627( والتّي طالما اعتُبرت كرمز للعقلانيّة ورفعة للعرق الأوروبي على باقي الأجناس – هي خير دليل على ذلك. فالسائد اليوم هو ما يُصطلح عليه بالموسيقى المعاصرة «La musique contemporaine» والتّي تُذعن بعودة الرّوح للموسيقى الشعبيّة والفلكلوريّة لدى الغرب. فالخروج من بوتقة الموسيقى الكلاسيكيّة هو انعتاق نحو الحريّة والانفتاح -ولربّما يؤكّد نظرة نيتشه للواقع ورفضه للعقلانيّة (17) (فريدريك نيتشه، 1938، ص 51) -على عالم لا حدود له ولا قواعد محنّطة للفعل الإبداعي الفنّي الإنساني. فالموسيقى هي مادّة لزجة غير قابلة بتاتا للتّحنيط ولنا في الموسيقى الغربيّة خير مثال. فالخطاب الموسيقي يميل بين الأبولونيّة والديونيزوسيّة مع ترجيح كفّة هذه الأخيرة في يومنا الحاضر. وتتعقّد المسألة أكثر مع الموسيقى المقاميّة والتّي توارثتها الأجيال عن طريق الرّواية الشفويّة ولذلك تبقى الجدليّة الأزليّة القائمة في البلدان العربيّة منذ مؤتمر القاهرة 1932 بين المحافظين ودعاة الحداثة؛ فالفئة الأولى تدعو لضرورة المحافظة على الرّواية الشفويّة واللآلات التّقليديّة... في حين ترى الفئة الثانية ضرورة تدوين التّراث الموسيقي واعتماد الآلات الغربيّة والنّموذج الغربي ككلّ في التعليم والتّنفيذ الموسيقي. ويبقى إعتقادنا راسخا بأنّ التّدوين الموسيقي وإن كان دقيقا بالنسبة للموسيقات الشفاهيّة والتي هي مقاميّة بالأساس يظلّ دائما منقوصا، الشّيء الذّي يدفعنا أوّلا للتساؤل عن الجدوى من التّدوين ثمّ البحث عن سُبل جديدة تمّكننا من المحافظة على الموسيقات المقاميّة دون تشويهها وتتيح لنا الفرصة لفهمها وتحليلها في نفس الوقت. فهل

تتحقّق هذه الغايات بفضل الثّورة التّكنولوجيّة التي نشهدها اليوم في الجديد "عصر العولمة"؟

## 3- "العولمة" ومقوّماتها الفكرية والتّكنولوجيّة:

إن كان التّاريخ قد بدأ فعليّا مع اكتشاف الإنسان الكتابة، فإنّه يبدو أنّه شارف على النّهاية أو انتهى أصلا في عصر العولمة والثّورة التّكنولوجيّة. وقد أسالت هذ المسألة حبر العديد من الباحثين من مشارب مختلفة كعلم الاجتماع والفلسفة والتاريخ...إلخ نظرا لما لها من أثر ملموس على المجتمع الإنساني في شتّى مجالاته الحياتيّة. فيقول الباحثان هانس بيترمارتن وهارالد شومان في هذا الصّدد:

> " إنّ نداء العصر الجديد هو «لينقذ نفسه من يستطيع ذلك»، ولكن من هو هذا الذي يستطيع ذلك؟ فانتصار الرأسماليّة لا يعني أبدا «نهاية التاريخ» التي تحدّث عنها الفيلسوف الأمريكي فرنسيس فوكوياما في عام 1989، إنّما هو يعني نهاية ذلك المشروع المسمّى بكلّ جرأة وغرور «الحداثة»". (18) (هانس بيترمارتن وهارالد شومان، 1998، ص61)

الأكيد إذن، ومهما اختلفت القراءات، أنّ المجتمع الإنساني قد دخل في مرحلة جديدة في وجوده وهي مرحلة تمتاز عن غيرها حيث أنّها وليدة لتبعات ما بعد الحرب الباردة وأفول الفكر الاشتراكي الشيوعي وانتصار اللّيبراليّة. " فكانت مقولة «نهاية التّاريخ» غطاء إيديولوجيّا يُروّج له النظام العالمي الجديد...". (19) (محمّد بكاي،2017، ص 157) ومهما اختلفت آراء الباحثين، فإنّنا نلحظ شيوع استعمال مصطلح «نهاية التّاريخ» والتّي يمكن أن نعتبرها من جانبنا إعلانا عن بداية حقبة زمنيّة قوامها الثورة التكنولوجيّة التّي ستقدّم البديل عن الكتابة لينتهي بذلك التاريخ وتدخل الإنسانيّة جمعاء فيما

يعرف بالعصر الجديد عصر العولمة. فماهي الثّقافة التّي يبشّر بها هذا العصر وماهي خصائصها؟

" تشير نظريّة الثقافة العالميّة التي تُنسَب إلى عالم الاجتماع رونالد روبرتسن (Roland Robertson) إلى إدراك أنّنا نعيش في المكان ذاته. وأساسيّا، تعدّ وعيا بماديّة ووحدة الكوكب الذّي يعيش فيه جميع النّاس، بغضّ النّظر عن اختلافاتهم الحياتيّة {...} وتعني التّغيّرات الّتي تُحدثها العولمة فقط أنّنا نعي حقيقة أنّنا نحيا في عالم واحد فحسب {...} والتّقدّم في تقانة الاتّصالات والمعلومات ووسائل النّقل والإنتاج والاستهلاك مؤخّرا جعل هذه العولمة (Globality) شيئا حقيقيّا بالنسبة إلى عدد متزايد من النّاس نسبيّا. وبالإضافة إلى هذا، يواجهنا جميعا ما معنى أنّنا نعيش في مكان واحد، أي، الملامح والعواقب التّي نتجت الآن عن هذه العولمة." (20) (أنابيل موني وبيتسي إيفانر، 2009، ص 300).

إذن، نحن أمام عصر جديد يداهم الإنسانيّة جمعاء قصد توحيدها كقرية مفتوحة للجميع تنتفي فيها الحدود الزمانيّة والمكانيّة بقوّة التّكنولوجيا وتجعلها مجالا رحبا للتّفاعل والتّواصل الإنساني والتبادل الثقافي والاقتصادي .... إلخ. هذا الواقع المُستجدّ قد بدّل حتما العديد من المفاهيم وولّد العديد من المصطلحات أو أنّه قد أدخل ضبابيّة على مستوى مفاهيم بعض المصطلحات المتواترة لدى الفلاسفة مثلما هو الحال بالنّسبة لمصطلحي الكوني والكلّي اللّذان

"... يحيلان على أفقين إشكاليّين متباينين كثيرا ما يتمّ الخلط بينهما. إنّ «الكلّي» تماما مثل l'universel أو the Universal أو das Allgemeine، هو ترجمة العرب القدامى لمعنى «كاثولو» ( to katholou) اليوناني، كما ورد في نصوص أرسطو، وهو لفظ يُستعمل ظرفا ويعني بالحرف «بالنّظر إلى الكلّ» أو «ما هو مأخوذ في كلّيّته» أو «على الجملة» أو «بعامّة». ولذلك هو مصطلح منطقي وفلسفي مستقرّ في معجم الفلسفة العربيّة الوسيطة تماما مثل مصطلح «universalis» اللاتيني. وهو نمط من

> الاصطلاح وجد طريقه إلى الاشتهار تحت عبارة «الكلّيّات» ( universalia) في اللاتيني التّي شكّلت الجهاز المقولي الأكبر لتفكير القدماء من أرسطو إلى آخر العصر الوسيط {...} أمّا «الكوني» فهو معنى مستحدث لم تعرفه العرب، مثل بقيّة الثقافات قبل الحديثة {...} فإنّ معنى «الكوني» قد نشأ في رحاب وقائع معياريّة غير مسبوقة مختلفة تماما عن السّياق الّذي ظهر فيه معنى «الكلّي»، حيث أنّه ظهر في أفق العالم/ الكسموس {...} بحيث ارتبط معنى «الكوني» هنا بمصطلح «الكون» - l'univers من universus اللاتيني وهو ما يعني بالحرف « versus» أي موجَّه على نحو بحيث يؤلّف جملة أو كلاّ «واحدا»- « unus». وإنّما في هذا النّطاق تمّ بناء مفهومات علميّة لعلّ أعلاها رتبة هو مفهوم «الجاذبيّة الكونيّة». (21) (فتحي المسكيني، 2011، ص.ص 160-161).

تطرح هذه الجاذبيّة الإشكالات الواقعة اليوم في كلّ أرجاء العالم على المستوى الفكري والعملي؛ فهل أنّ العولمة ستوحّد حقيقة المجتمع الإنساني وتدمّر كلّ الاختلافات الثّقافيّة والحضاريّة وتعيد التساؤل حول الهويّات؟ كلّ هذه التساؤلات مشروعة اليوم في زمن هذه العولمة التّي ارتهنت لقوّة الرّأسماليّة والتكنولوجيا في ترويج فكرها الجديد. فهذا هو عصر القوّة وعصر الإنتاج ولم يعد بإمكان المجتمعات الاستهلاكيّة الغير منتجة أن تكون لها كلمة مسموعة في هذا الفضاء الجديد. ولكن، وجب التأقلم مع هذه المنظومة والانخراط فيها لدرء التخلّف عن ركب الحضارة الجديدة. وهنا نلحظ قوّة الفلسفة في بعدها النقدي والذّي يدعو الإنسان دائما إلى التفكير وحتّى الهدم والتفكيك كشكل من أشكال إعادة البناء للذّات الإنسانيّة. ولعلّ خير دليل أو أنموذج على هذا هو

> "... فلسفة التّفكيك ممثّلة في جاك داريدا وأشياعه تدفع الهويّات والغيريّات إلى التّفهّم والإنصات رغم المتناقضات والمتغايرات والخيوط الوهميّة والفواصل الطّيفيّة، إلى التّعايش والحوار". (22) (محمّد بكاي، 2017، ص.ص 40-41.)

تُبشّر العولمة إذا بكلّ منطلقاتها الفكريّة بثقافة جديدة، ثقافة قبول الأمر الواقع ووجوبيّة التعايش مع مقّوماتها التّكنولوجيّة. ففكر العصر الجديد هو فكر الهيمنة الشاملة على العالم والنّظر إليه كوحدة إنسانيّة تتفاعل فيما بينها على جميع المستويات الاجتماعيّة، السياسيّة، الاقتصاديّة، الثقافيّة... وتعدّ الثورة التكنولوجيّة السلاح المعتمد في تجسيد هذا الفكر على أرض الواقع. فأصبحنا اليوم نتحدّث عن الثقافة الالكترونيّة Cyberculture «وهي الفضاء الثقافي {...} الذّي خلقته تكنولوجيا الحاسوب خاصّة وسائل الاتّصال الإلكترونيّة التّي تستخدم الحاسوب أي الإنترنت...». (23) (سمير الخليل، 2014، ص 84) فهذه الشبكة العنكبوتيّة هي التّي تبشّر بالثقافة الجديدة وبمفاهيم لم يعهدها الإنسان من قبل كثقافة الوسائط المعلوماتيّة أو الإنفوميديا Infomedia Culture وتعني

> " ... التّقارب التكنولوجي بين المعلوماتيّة والوسائط الإلكترونيّة {...} فلا عجب أن قيل أنّ أعظم ثلاث قوى تقنيّة على السّاحة الآن: الحوسبة، والاتّصالات، والوسائط المعلوماتيّة (الإعلاميّة) التّي من خلال تكييف نفسها معا تحقّق صيغة ائتلافيّة جديدة فيما بينها تُعرف باسم (التّقارب التقني Convergence)". (24) (سمير الخليل، 2014، ص 88)

إنّ الملاحِظ لهذا المشهد الجديد للعالم سيتساءل حتما عن كيفيّة استغلال هذه التكنولوجيا في الحفاظ على إنسانيّة الإنسان والتّي تعبّر عنها بكلّ بداهة الإبداعات الإنسانيّة من معارف وفنون...إلخ. فلكلّ شعب ثقافته وتاريخه وحضارته، ولكنّ، وفي ظلّ هذه المتغيّرات أصبح هذا الكلّ المعقّد كواحد منمّط وهذا هو سبب تَخوّف الشعوب المستهلكة عموما من العولمة. فوجوبيّة التّعايش هي أمر مفروغ منه، ولكن، لا ننسى بأنّ التّكنولوجيا هي إبداع إنسانيّ ويجب أن يبقى تحت سيطرة مُبدعها ويمكن استخدامها في حفاظ كلّ أمّة أو مجتمع عن ثقافته.

ما تزال البلدان النّامية، ومنها الدّول العربيّة، تخوض في قضيّة الحفاظ على الموروث الثقافي اللاّمادي عن طريق تدوينه في حين أنّ التكنولوجيا الرّقميّة قد قدّمت لنا فرصا وبدائل هامّة لتوثيق الذّاكرة الثقافيّة وتخزينها بإمكانيّات شاسعة لا حدود لها.

> " نحن أمام حقبة جديدة وينبغي تأسيس تفاعلنا مع (الثّقافة الرّقميّة) على معرفة التّحوّلات الجديدة في الثّقافة، فما حصل مع (الثّقافة الرّقميّة) لم يحصل في أيّة حقبة من الحقب الشفويّة والكتابيّة، لأنّنا سنجد أنّ كل القيم المضافة التّي كانت في المرحلتين المذكورتين تتحقّق محقّقة مع الثّقافة الرّقميّة وظهور الوسائط المتعدّدة المتفاعلة المتمثّلة في توافر الصّوت والصّورة والنّصّ، مجتمعة بذلك حلم الإنسان الأكبر في حفظ (الذّاكرة الثّقافيّة) ..." (25) (سمير الخليل، 2014، ص 103)

فللتّكنولوجيا الرّقميّة العديد من المزايا والإيجابيّات والتّي من بينها حفظ إنسانيّة الإنسان وتبيان الفروقات الهوويّة بين الشعوب من خلال حفظ الذاكرة الثقافيّة، وفي نفس الوقت توحّد هذا الإنسان من خلال المنطلق الفكري للعولمة الذي وضع العالم في شكل قرية يتعايش فيها الجميع. وتضرب بذلك النظريّة الأنثروبولوجيّة التّي توحّد الإنسان بيولوجيّا وتفرّقه على المستويين الاجتماعي والثّقافي.

إنّ السّائد اليوم هو ثقافة الإنفوميديا والثقافة الرّقميّة التّي تهيمن على المشهد العالمي وتعني ثقافة الإنفوميديا

> " ... التقارب التكنولوجي بين المعلوماتيّة والوسائط الإلكترونيّة وسيكون المحرّك الاقتصادي Economic Engine للنّظام العالمي الجديد مكوّنا من صناعات (الإنفوميديا) هو كمبيوتر على كلّ طاولة قهوة !." (26) (سمير الخليل، 2014، ص 88)

فمظاهر الذكاء الاصطناعي عديدة ومتنوّعة، فالحواسيب والهواتف الذّكيّة وبرمجيّاتها الرّقميّة، أصبحت اليوم متاحة للجميع، وهي تتيح الفرصة لكلّ شخص بالولوج عبر شبكة الانترنت إلى عوالم وثقافات بعيدة عنه زمانيّا ومكانيّا بطريقة سلسة وسريعة. فمثلا أستطيع وأنا موجود في تونس أن أواكب فعاليّات افتتاح الألعاب

الأولمبيّة في بيكين مثلا على هاتفي المحمول أو أن أشاهد حفلا مباشرا للفنان العالمي أندريا بوتشالي في إيطاليا...إلخ. وقد أطلق رولاند روبرتسن على هذه العمليّة مصطلح "انضغاط الزّمان – المكان" (27) عن طريق تقانة المعلومات.

لقد أصبحت التّكنولوجيا وتقانة المعلومات من أبرز مظاهر التّقدم الحضاري، ولم يعد المجال يسمح لأيّ مجتمع بالتّخلّف عن هذا الرّكب؛ فزمن العولمة هو حسب رأينا وابتعادا عن كلّ المشاحنات الإيديولوجيّة، هو زمن هيمنة قوّة العلم والعمل مجتمعة. فالعالم ينقسم حسب اعتقادنا إلى شقّين أساسيّين، شقّ منتج وشقّ مستهلك. وبطبيعة الحال سيكون للشقّ الأوّل كلّ الصلاحيّات في الهيمنة والسيطرة على الشقّ الآخر. ولنا في جدليّة العرب والغرب خير مثال. ويقول الباحث عبد الغني عماد في هذا الصّدد:

> " فالعرب لا يزالون ينتظرون أن تخرج المتصفّحات والبرمجيّات التّي تُمكّن من استخدام اللغة العربيّة، دون أن تبذل مراكز أبحاثهم الرّسميّة وحكوماتهم الجهود الجدّيّة لإنتاج مثل هذه البرمجيّات، ولازالت اجتماعات الخبراء العرب تشهد مناقشات طويلة عن كيفيّة انتاج محرّكات بحث عربيّة تأخذ بخصوصيّات طرق استخدام هذه اللّغة وخوارزميّات التّعرّف على نصوص مصوّرة ومحرّكات للتّرجمة الآليّة وغيرها من المواضيع التّي يمكن حلّها منذ زمن عبر تبادل الخبرات والتّعاون". (28) (عبد الغني عماد، 2012، ص.ص 45-46)

إن كانت اللّغة العربيّة قد أثارت كلّ هذه المسائل في المجتمعات العربيّة ولا زلنا ننتظر حلولا تطبيقيّة لها، فما هو حال الفنون عامّة والموسيقى العربيّة على وجه الخصوص من هذا الإشكال التقني؟

إنّ ما يميّز الفنون اليوم هو اعتمادها على

"... الثّورة التكنولوجيّة الفريدة من نوعها تاريخيًا، والتّحوّلات التّي طرأت عليها بفضل تقنيّاتها، ولا سيّما تقنيّات الاتصال وإعادة الإنتاج؛ ذلك أنّ المجتمع الاستهلاكي الجماعي هو القوّة الثّانية التّي أشعلت ثورة الثّقافة {...} أمّا الموسيقى، فقد اخترقت جدار التّواصل الآلي الصّرف بين الآلة الموسيقيّة والأذن في القرن العشرين، ولأوّل مرّة في التّاريخ. إنّ الكثرة الغالبة من الأصوات وأنواع الضّجيج التي نسمعها اليوم بوصفها خبرة ثقافيّة تصلنا بطريق غير مباشر، بعد إعادة إنتاجها آليًا أو بثّها عبر مسافة."

(29) (إيريك هوبزباوم،2015، ص.ص 63-64).

يبدو أنّ تقانة المعلومات التّي أفرزت ما أُصطلح عليه بانضغاط الزمان-المكان، قد أحدثت ثورة في المنظومة الكلاسيكيّة الخاصّة بالإنتاج الموسيقي. والتّي تتطلّب اليوم إعادة النّظر حتّى في نظريّات ماكس فيبر وألفونس سيلبرمان ومن والاهما في علم الاجتماع الموسيقي وتقسيم الفئات الاجتماعيّة المنتجة والوسطاء والمستهلكين... اليوم، يمكن للفرد أن يكون هو الموسيقي والمنتج في نفس الوقت وله سوق عالميّة مفتوحة عبر شبكات التواصل الاجتماعي والمواقع الإلكترونّية المختلفة. وهذا مبحث هام يتطلّب من الباحثين الاهتمام به أي علاقة الذّكاء الاصطناعي بالموسيقى. وسنحاول فيما يلي تناول هذه العلاقة الترابطيّة الحديثة بالدّرس مرتكزين أساسا على الموسيقى المقاميّة كخطاب ديونيزوسي.

## 1- الذّكاء الاصطناعي والموسيقى المقاميّة:

من البديهيّ أن نعتبر الذّكاء الاصطناعي كأبرز مميّزات زمن العولمة المعاصر. فقد أصبحت الحياة الإنسانيّة مرقمنة وتغزوها التكنولوجيا الحديثة في كلّ المجالات الحياتيّة دون استثناء. ففكرة الانترنت التي وُلدت لتجعل العالم كقرية هي جوهر الموضوع بالنّسبة للعولمة. " على أنّ المرحلة المعاصرة تتميّز بشكل عام، ليس فقط باتّساع وقوّة التّدفّقات الثقافيّة التّي تبدو في شكل حركة البشر

والأفكار والسّلع والرّموز والصّور فحسب، وإنّما في السّهولة الكبرى التّي تنتقل بها من مكان لآخر، ومن ثمّ تعمل على تعميق أشكال التّواصل الثّقافي الكوني." (30) (بول هوبر، 2011، ص 47)

وبما أنّ الموسيقى هي مرآة عاكسة لثقافة الشعوب، فإنّ الموسيقى المقاميّة تعيش اليوم اشكاليّات أكبر من الجدليّات القائمة بين المحافظين والحداثيّين. فالمشكل الأهمّ حسب اعتقادنا يكمن في عدم توفّر آليّات فهم وتفسير للموسيقى المقاميّة بالنّسبة لممارسيها وبدرجة أكبر بالنّسبة للآخر الذي يحمل ثقافة مختلفة عنّا. فلم يعد المجال يسمح بالمزيد من التّرهات في تناول الموسيقات المقاميّة بالدّرس. فالعالم اليوم دخل في منظومة لا تقبل إلاّ العلم، والمنطق العلمي لا يقبل إلاّ الفهم والتفسير. فالقضيّة هي قضيّة إدراك ووعي لكلّ الظواهر الإنسانيّة ولا سيّما الثقافيّة منها.

إذن بات من المحتّم علينا البحث عن آليّات تمكّن العالم من فهم الموسيقى المقاميّة المبنيّة على الديونيزوسيّة ولما لا نحلم بأن تتسيّد على العالم خاصة إذا ما نظرنا إلى الأزمة التّي تعيشها الموسيقى الغربيّة الكلاسيكيّة والمبنيّة على الكتابة والأبولونيّة. ويبدو أنّ الإشكاليّات المطروحة في هذه الألفيّة الثالثة تتجاوز قضيّة الديونيزوسيّة والعقلانيّة؛ ولعلّنا نعيش راهنًا اصطناعيّا بامتياز لم يعد لنا حيّز زمنيّ لإدراكه وفهمه ولكن وجب الاخراط في منظومته التّي تحكم العالم على مستوى التّواصل. ويقول إيريك هوبزباوم:

> " أعترف أنّ موسيقى القرن الحادي والعشرين ستبدو شديدة الاختلاف لأذن المستمع بالمقارنة بموسيقى القرن العشرين. فالإلكترونيّات أدخلت عليها بالفعل ثورة رئيسة، ما يعني أنّها صارت مستقلّة إلى حدّ بعيد عن الموهبة الإبداعيّة والمهارات التّقنيّة للفنان الفرد. موسيقى القرن الحادي والعشرين ستنتج أساسا، وتصل إلى آذاننا، من دون الكثير من التّدخّل البشري."
>
> (31) (إيريك هوبزباوم، 2015، ص 69)

الغرب سباقون على العرب في التّكنولوجيا وتقنيّات الاتصال وقد استنبطوا عدّة برمجيّات حديثة تُعنى بتحليل وتأليف وصناعة الموسيقى وتسويقها...إلخ. ولعلّهم بذلك قد وجدوا مخرجا قد يكون إيجابيّا للأزمة الإبستيمولوجيّة التّي تعيشها الموسيقى الغربيّة الكلاسيكيّة. فالعديد من الباحثين أمثال مارك شومياي Marc Chemillier ويون كانغ آهن Yun-Kang Ahn... إلخ قد وظّفوا هذا الذكاء الاصطناعي في المجال الموسيقي وأسّسوا حسب رأينا المتواضع الموسيقولوجيا الأمبيريقيّة، أي أنّ إدخال الموسيقى إلى مخبر التحليل العلمي التكنولوجي قد أفرز برمجيّات جديدة وآفاق متعدّدة تحافظ على الإرث الموسيقي الكلاسيكي وتثريه اعتمادا على الخوارزميّات لنضلّ عاجزين عن استشراف ما يُمكن أن تؤول إليه الأمور في المستقبل القريب.

في حين، أنّ العرب، مازالوا يختلفون حول مخرجات مؤتمر القاهرة 1932 وينقسمون حول آليّات التّحليل ويحافظون في أغلب الحالات على نفس الطّرق التقليديّة في تدريس الموسيقى العربيّة المقاميّة. إذن، بإمكاننا تخيّل مدى تلك الهوّة الزّمنيّة التّي تفصلنا عن الغرب! فنحن كما ذكرنا لا نملك برمجيّات مبنيّة خاصّة باللغة العربيّة فما بالك بالموسيقى العربيّة؟

إنّ العالم العربي وحتّى وكلّ المجتمعات التّي تعتمد على النظام المقاميّ في ممارساتها الموسيقيّة يجب أن تقوم أوّلا بثورة فكريّة على نفسها، ولعلّ بقليل من النّقد الذّاتي ستجد هذه المجتمعات نفسها متخلّفة تكنولوجيّا ومصنّفة كمجتمعات استهلاكيّة سلبيّة. إذن، وجب الاعتماد على الفكر والعلم والتّكنولوجيا لتكون هذه المقاميّة سلاحا ثقافيّا يمكن تدويله بين الأمم التّي تعاني من الموسيقات الميّتة؛ فموسيقى الجاز مثلا لا تموت نظرا لامتلاكها لعنصر الارتجال الآني وإن كان محدّدا بعدد معيّن من الدّورات الإيقاعيّة وكذلك بتوافقات موسيقيّة معيّنة ولكنّ يبقى الدّور الأبرز للعازف في

التعبير عن أحاسيسه بآلته في هذا المجال المسموح به. والحال في الموسيقى المقاميّة أفضل حيث أنّ للمؤدي – عازفا كان أو مطربا- الحريّة المطلقة في التّصرف، فالقيود تكاد تكون منعدمة في الموسيقى المقاميّة ما عدا وجوب مراعاة روح المقام حيث " ينفرد كل مقام بملامح معيّنة تبرز من خلال تراكيبه اللحنيّة (وأحيانا اللحنية-الإيقاعية)، تعرف بـ"روح المقام"، يستمد منها قدراته التعبيريّة والتّأثيريّة." (32) (الأسعد الزواري، 2008، ص 14). وبهذا الفعل تكون هذه الموسيقى خالدة لا تموت ولا تأفل إلاّ إذا أدخلنا عليها ما يحنّطها تيمّنا بالموسيقى الغربيّة. ولكن، تبقى الإشكاليّة الأبرز بالنسبة للموسيقات المقاميّة، هي كيفيّة فهمها بالنّسبة للغريب عنها؟ خاصّة أنّ المقامات تحتوي على أبعاد ودرجات متحرّكة وغير ثابتة؟

نعتقد جازمين بأنّ التكنولوجيا الحديثة هي السّبيل الوحيد اليوم الكفيل بجعل المقاميّة تُفهم من قبل الجميع وذلك عبر تحويل الخطاب المسموع إلى خطاب مرئي بصريّ عبر البرمجيّات المختلفة وأخصّ بالذّكر لا الحصر برمجيّة "برات"Praat التّي من شأنها أن تُحدّد مجال تحرّك الدرجات وبالتالي استخراج النّسب الرّياضيّة الخاصّة بالأبعاد الموسيقيّة وتحديد رسوم بيانيّة توضّح المسارات اللحنيّة المعتمدة في كلّ مقام. وبذلك سيتمكّن الجميع من فهمها نظرا لكون تلك الاستنتاجات مبنيّة على المنطق الخوارزمي. فعندما يجتمع العقل مع المقاميّة عن طريق التّكنولوجيا الحديثة، نستطيع ترويج موسيقانا المقاميّة وجعلها تغزو العالم الجديد الذّي يشهد في عصر العولمة انضغاطا في الزمان والمكان.

إذن، بقي على أهل المقاميّة العمل بهذه التّكنولوجيا والبرمجيّات- حتّى وإن لم يصنعوها- واستخراج الصّيغ النّمطيّة (les stéreotypes) الخاصّة بكلّ مقام وتعقّل علاقة الدّرجات الموسيقيّة ببعضها البعض وفهم أسباب تحرّكها وإحداث بنك معلوماتي خاصّ بالموسيقات المقاميّة يمكّن العارفين بصناعة وهندسة البرمجيات

الرقمية من وضع منصّة رقميّة (Plateforme) خاصة يمكن الولوج إليها عبر الشبكة العنكبوتيّة من أيّ نقطة في العالم لتتيح الفرصة لكل موسيقيّ من الاعتماد على الموسيقى المقاميّة في الدّراسة أو التّلحين؛ وعندها فقط نكون قد تمكّنّا من الارتقاء بالموسيقى المقاميّة من المحليّة إلى الكونيّة ونخرج فعليّا من سطوة الانغلاق إلى إقرار الانعتاق.

## خاتمة:

إنّ حديثنا عن المقاميّة في هذا المقال جاء بصفة برقيّة وعامّة حيث أنّ المقاميّة هي ميزة للعديد من الممارسات الموسيقيّة في عدّة بلدان في مختلف القارّات. ولكن، إذا ركّزنا على عالمنا العربي، فإنّنا حتما سنصطدم من الواقع الذي يعيشه نظرا لما يشهده من ثورات ما يُسمّى بـ "الرّبيع العربي" ومن تناحرات وانقسامات بين أفراد الوطن الواحد بسبب انتماءات حزبيّة أو إيديولوجيّة... ويبدو المشهد وكأنّ الغرب دخل في مرحلة ما بعد التّاريخ في حين أنّ هذه الحروب قد جعلتنا نعيش في زمن ما قبل الحداثة. فالهوّة الزمنيّة والتّكنولوجيّة أصبحت كبيرة جدّا وجعلتنا نصطفّ مع المجتمعات الاستهلاكيّة. ولكن، بالعزيمة والفكر المستنير وبتعقّل فلسفيّ نستطيع تدارك هذه الهوّة لأنّ ثقافتنا وموسيقانا المقاميّة لا تموت ولها كلّ مقوّمات الاستمراريّة والتّطوّر عكس ما هو الحال بالنسبة للموسيقى الغربيّة الكلاسيكيّة. فبالاعتماد على العلم والعمل وثقافة الحياة وعلى التكنولوجيا والذكاء الاصطناعي يمكننا خلق مهن موسيقيّة جديدة تتلاءم مع متطلّبات العصر الجديد ومن شأنها أن ترتقي بالمقاميّة إلى العالميّة.

## الهوامش والإحالات:

(1) -للمزيد من التعمّق حول هذين المفهومين، أنظر:

- Robert Boyd et Joan Silk, ***L'Aventure humaine, de la molécule à la culture***, De Boeck, 2004, partie 1, chapitre 3, pages 68–72.
- Dominique Grimaud-Hervé *et al.*, ***Histoire d'ancêtres : La grande aventure de la Préhistoire***, Paris IV[e], Éditions Errance, coll. « Guides de la préhistoire mondiale », novembre 2015, 144 p.
- Michel Dauvois, « Homo musicus palaeolithicus et Palaeoacustica », ***Munibe Antropologia-Arkeologia***, n° 57, 2005, p. 225-241

(2) (الخليل)، سمير، **دليل مصطلحات الدراسات الثقافيّة والنّقد الثّقافي إضاءة توثيقيّة للمفاهيم الثّقافيّة المتداولة**، لبنان، دار الكتب العلميّة، 2014، ص 84.

(3) الزواري، (الأسعد)، **المقامات المشرقية في الموسيقي التونسية المعاصرة**، مركز النشر الجامعي منوبة، تونس،2008، ص15.

(4) WEBER, (Max), **Sociologie de la musique les fondements rationnels et sociaux de la musique**, Paris, Editions Métailié, 1998, p.p 13-17.

(5) التريكي، (فتحي)، **فلسفة الحياة اليوميّة**، بيروت _ تونس، ط. 1، الدار المتوسطيّة للنشر، 2009، ص. 152.

(6) نيتشه، (فريدريك)، **الفلسفة في العصر المأساوي الإغريقي**، تق. ميشال فوكو، تع، سهيل القش، بيروت، ط. 2، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، 1983، ص. 21.

(7) إلهي راد، (صفدر)، **الهيرمينوطيقا منشأ المصطلح ومعناه واستعمالاته في الحضارات الإنسانيّة المختلفة**، تع. حسنين الجمال، لبنان، ط.1، سلسلة مصطلحات معاصرة عدد3، العتبة العباسية المقدّسة، المركز الإسلامي للدّراسات الاستراتيجية، 2019، ص.ص 14-15.

(8) (هزّاع شريف، (شريف)، **نقد/ تصوّف النص-الخطاب – التفكيك**، بيروت، ط.1، مؤسسة الانتشار العربي، 2008، ص 20.

(9) السيالة، (مراد)، **الأسس العامة للأثنوموزيكولوجيا**، صفاقس، ط. 1، تق. الدكتور محمد العزيز نجاحي، مطبعة التسفير الفني، 2007، ص. ص 41_42.

(10) المسدي، (عبد السلام)، **الأسلوبية والأسلوب**، تونس، ط. 3، الدار العربية للكتاب، 1982، ص. 159.

(11) العيّادي، (عبد الله)، "فينومينولوجيا الخطاب الموسيقي"، كتاب تحليل الخطاب الموسيقي، صفاقس، العدد 1، 2013، ص 63.

(12) المصدر نفسه، ص.ص 63-64.

(13) الموساوي، (محمد علي)، "التأويلية «امتلاك» المعنى بتحريره من الرأي الأوحد: النصّ،القراءة،القارئ/ في الرؤية الهيرمينوطيقية المعاصرة"، كتابات معاصرة، بيروت_لبنان، العدد الثاني والثمانون/ المجلد 21، الناشرون لتوزيع المطبوعات والصحف، 2011، ص. ص. 53-54.

(14) Baroni, Mario, "**Herméneutique musicale**", une encyclopédie pour le 21 siècle : Les savoirs musicaux, sous la direction de Jean _Jacques Nattiez avec la collaboration de Margaret Bent, RossanaDalmonte et Mario Baroni, ACTES SUD/ CITE DE LA MUSIQUE, p.p 272-299.

(15) هوبزباوم، (إيريك)، **أزمنة متصدّعة الثقافة والمجتمع في القرن العشرين**، تر سهام عبد السّلام، بيروت، ط.1، المركز العربي للأبحاث ودراسة السّياسات، سبتمبر2015، ص.ص -69-70).

(16) للمزيد من التعمّق، أنظر:

Bent, Margaret, "Le métier de musicologue" , une encyclopédie pour le 21 siècle : Les savoirs musicaux, sous la direction de Jean _Jacques Nattiez avec la collaboration de Margaret Bent, RossanaDalmonte et Mario Baroni, ACTES SUD/ CITE DE LA MUSIQUE, p.p 611-627.

(17) نيتشه، (فريدريك)، **هكذا تكلم زرادشت**، تر. فليكس فارس، الإسكندرية، 1938، مطبعة جريدة البصير، ص. 51.

(18) بيترمارتن، (هانس) وشومان، (هارالد)، **فخ العولمة الاعتداء على الدّيمقراطيّة والرّفاهيّة**، تر. عدنان عبّاس علي، عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، أكتوبر 1998، ص61.

(19) بكاي، (محمّد)، **أرخبيلات ما بعد الحداثة رهانات الذّات الإنسانيّة: من سطوةِ الانغلاق إلى إقرارِ الانعتاق**، لبنان/كندا، ط.1، دار الرافدين، OPUS Publshers، 2017، ص 157.

(20) موني، (أنابيل) وإيفانر، (بيتسي)، **العولمة المفاهيم الأساسيّة**، تر آسيا دسوقي، بيروت، ط.1، العربيّة للأبحاث والنّشر، 2009، ص 300.

(21) (المسكيني، (فتحي)، **الهويّة والحريّة نحو أنوار جديدة**، ط.1، بيروت، جداول للنشر والتّوزيع، فبراير 2011، ص.ص 160-161).

(22) بكاي، (محمّد)، العنوان السابق، ص.ص 40-41.

(23) (الخليل)، سمير، العنوان السابق، ص 84.

(24) المصدر نفسه، ص88.

(25) المصدر نفسه، ص103.

(26) المصدر نفسه، ص88.

(27) عماد، (عبد الغني)، **الثقافة وتكنولوجيا الاتّصال التغيرات والتحوّلات في عصر العولمة... والرّبيع العربي**، بيروت، ط.1، المؤسّسة الجامعيّة للدّراسات والنّشر والتّوزيع، 2012، ص. 30.

(28) المصدر نفسه، ص.ص 45-46.

(29) هوبزباوم، (إيريك)، العنوان السابق، ص.ص 63-64.

(30) هوبر، (بول)، **نحو فهم للعولمة الثقافيّة**، تر. طلعت الشايب، ط.1، القاهرة، الهيئة المصريّة العامة للكتاب، 2011، ص 47.

(31) هوبزباوم، (إيريك)، العنوان السابق، ص 69.

(32) الزواري، (الأسعد)، العنوان السابق، ص14.

# Improvisation et intelligence artificielle

**Hend Zouari**

*hendzouari@yahoo.fr*

La musique arabe est une musique véhiculée par tradition orale. Depuis le premier congrès du Caire en 1932 (1), cette musique a subie plusieurs changements, notamment par rapport à la fixation tempérée, l'intégration des nouveaux instruments occidentaux dans le *takht* (orchestre) arabe…A partir des années 80, la musique a subie une transformation majeure, avec l'apparition du MIDI (Musical Instrument Digital Interface), permettant le développement de la musique assistée par ordinateur MAO. Le MIDI est un protocole de communication, entre instruments électroniques, contrôleurs externes, séquenceurs, claviers maîtres, surfaces de contrôles avec pads, pédalier MIDI…Il va transmettre des informations correspondantes à une instruction donnée. Par exemple, si on appuie sur une touche avec le clavier MIDI, cette action va conduire à l'ordinateur un nombre important d'informations, tel que la note jouée sur le clavier, la durée pendant laquelle on a maintenu la note, la force avec laquelle on a joué la note (vélocité), le pitch bend…Ce nouveau langage de communication donne naissance à de nouveaux logiciels de composition musicale, tel que protools, logic pro, cubase, Ableton live…et de nouveaux outils de contrôle, tel que le clavier maitre (Akai, M audio...) et le Novation launchpad.

La musique arabe a subie une transformation importante dans son histoire, avec l'introduction du synthétiseur dans les années 90. Cet instrument qui joue différents sons échantillonnés de plusieurs instruments, une boite à rythme et des effets…Un

joueur de Synthé est capable d'assumer une soirée en solo, et d'improviser, grâce à la variété de sons et de rythmes qu'il a en mémoire.

La composition musicale, utilise souvent des logiciels de musique, qui représentent un outil permettant la création musicale de la composition jusqu'à la diffusion des ouvres. Ces logiciels possèdent en mémoire, plusieurs sons d'instruments, et plusieurs clips qui se synchronisent automatiquement, au cours de leurs utilisations, au même tempo et à la même tonalité. Une certaine dépendance se crée entre le compositeur et les différentes possibilités, qu'offre-le logiciel en question. La composition de musique commence généralement par choisir une boucle rythmique dans la mémoire du logiciel (drums). L'enregistrement des autres lignes mélodiques, se fait par-dessus via un clavier maitre, en utilisant les sons d'instruments inclus dans le logiciel. Ces nouveaux logiciels ont dématérialisé la musique, c'est l'instrument virtuel et les notes virtuelles qui remplacent l'instrument acoustique et les notes que le musicien joue. Par ailleurs, la composition musicale dans la musique arabe, dépend en partie des différentes variétés de sons, de rythmes, et des possibilités de traitement sonore, offert par le logiciel utilisé. Est-ce que cette variété des sons mélodiques et rythmiques fournie par le logiciel répond aux exigences de la musique arabe?

L'improvisation étant une forme musicale prépondérante dans la musique arabe, nécessite beaucoup de créativité. Le musicien va réexposer des phrases mélodiques du *maqam*, en rajoutant sa touche personnelle. La réexposition des phrases se fait d'une manière spontanée. L'assemblage de ses phrases dans un ordre bien déterminé donne naissance à une improvisation. De nos jours, l'improvisation a subie beaucoup d'évolutions, avec l'intégration des nouvelles technologies, et notamment en incorporant l'ordinateur, qui devient un élément acteur, dans le processus de l'improvisation. Grace à une programmation spécifique, l'ordinateur va capter les phrases jouées par le

musicien, les imite et les restitue en temps réel, permettant de dialoguer avec lui. L'enchainement des phrases caractéristiques du *maqam*, est conçu comme un enchainement d'instructions, qu'on intègre dans un ordinateur. Grace à un algorithme on va apprendre à un ordinateur l'articulation de ces différentes phrases musicales, qui les restituent ensuite, en les combinant d'une autre manière. Dans ce cas, on parle d'une intelligence artificielle, qui donne une improvisation interprétée par un ordinateur, et qui génère une interaction homme machine. Comment cette intelligence artificielle pourra servir la création artistique en musique arabe?

Cet article s'articule autour de deux parties, montrant l'apport bénéfique de l'intelligence artificielle, dans le processus de la création musicale, et ses limites. Les enjeux de l'intelligence artificielle, peut constituer une menace pour l'avenir de la musique arabe. Cette nouvelle tendance est basée sur des algorithmes qui commandent en partie la musique, ce qui réduit la créativité du musicien.

La première partie de cet article, présentera le logiciel de composition musicale Abelton live. Ce logiciel à la particularité de se présenter en deux modes, et donne la possibilité au musicien, de créer ses propres sons, et d'improviser son morceau en temps réel. Abelton live comporte la partie de Max for Live, qui permet de programmer des patch, des devices audio, des devices midi, et contrôler plusieurs paramètres, tel que les effets, le pitch, la hauteur de la note, le feedback, le delay, le filtre...et des paramètres gestuelle en temps réel via des capteurs (2)... L'étude de ce logiciel, ne sert pas la composition dans la musique arabe, ce qui nous incite à se projeter sur une réflexion autour de la création d'un nouveau logiciel adapté à cette musique.

Dans la deuxième partie de mon article, je vais présenter l'improvisation dans la musique arabe, en tant que forme importante qui définie le *maqam*. L'évolution de ce concept par

la technologie et l'intelligence artificielle, donne une nouvelle piste de l'interprétation de cette forme. Grace à un logiciel d'improvisation, un ordinateur peut jouer et accompagner un musicien pendant l'improvisation, en reproduisant son style en temps réel. Beaucoup de chercheurs tel que Marc Chemillier, sont allées plus loin dans leurs recherches, et ont cherché grâce a un logiciel Omax, à codifier et à créer des clones de style de musiciens. L'ordinateur improvise et accompagne le musicien en temps réel, en imitant le clone d'un autre musicien qu'il a déjà intégré dans sa mémoire.

> *" La codification et le clonage sont les principes mêmes du logiciel d'improvisation avec ordinateur que nous avons présenté. La norme Midi permet en effet de codifier la musique jouée par un musicien pour la traduire en données informatiques utilisables par le programme. Le logiciel se sert ensuite de ces données pour produire une sorte de clone musical dans une dialectique d'imitation et de transformation."* (2)

L'appel à l'intelligence artificielle dans le processus de l'improvisation, instaure une nouvelle piste d'interprétation, et de création, qui nécessite une interaction entre le musicien et l'ordinateur. Par ailleurs, est ce qu'un ordinateur pourra être fiable pour interpréter la musique arabe, et rendre l'âme du *maqam*.

### I. Ableton live

Abelton live est un logiciel de composition musicale d'origine allemand, apparue en 1999 par un grand nombre de chercheurs. Ce logiciel est défini par un ensemble d'instructions, ordonné d'une manière spécifique, permettant au compositeur, d'enregistrer mixer masteriser une musique, d'exécuter une séquence de commandes, de piloter les instruments et les sons

du logiciel.

La particularité de ce logiciel, réside dans le fait qu'il présente deux mode de fonctionnement: le mode cession et le mode arrangement.

A. Mode arrangement

C'est le mode classique d'utilisation, commun avec les autres logiciels, tel que protools, cubase, Logic Pro…Ce mode permet beaucoup de fonctionnalités, comme la création musicale, l'enregistrement d'une musique, le traitement du son, l'édition d'une œuvre...L'exportation et l'importation des fichiers, sous différents formats, se fait aussi dans ce mode d'utilisation.

B. Mode cession

Le mode cession est un nouveau mode de présentation, propre à Abelton Live, ce qui justifie mon choix de présenter ce logiciel dans cet article. Ce mode caractéristique à Abelton live, est conçu pour déclencher en live des scènes. Il donne alors la possibilité au musicien, d'improviser et de jongler entre les différentes scènes, qu'il déclenche et choisi en temps réel, pendant la performance.

**1. Scène**

Une scène est définie par un ensemble de clip.

**2 .Clip**

Il s'agit d'un emplacement destiné pour mettre des sons, et former suivant les données reçues, une piste audio ou une piste midi.

- Piste audio

Il s'agit d'une piste qui reçoit des données audio, provenant des sons du logiciel, d'un enregistrement d'un instrument de

musique, ou d'une voix humaine.

- Piste midi

Il s'agit d'une piste qui reçoit des données midi provenant des sons du logiciel, des sons enregistrés par un clavier maitre ou d'un autre contrôleur externe.

Une même scène comporte plusieurs clips, elle permet de lire plusieurs pistes audio et midi enregistrées en même temps. Un morceau de musique dans live, montre une succession horizontale des scènes. Le branchement et la configuration d'un clavier maitre externe avec pad, ou d'un launchpad, permet de déclencher une ou plusieurs pistes, issues de la même scène, ou de scènes différentes. Ce qui permet une double utilisation horizontale et verticale des pistes. Le défilement entre les différentes scènes, se fait dans Live suivant un ordre choisi au fur et a mesure de la performance, grâce à des boutons de marche, stop, scène précédente et scène suivante. Cette nouvelle interface spécifique dans le logiciel, permet de développer la créativité du musicien, qui choisi au fur et à mesure de son interprétation, quelle scène déclencher et à quel moment.

La synchronisation des données entre les différentes scènes, la connexion entre les différents instruments du logiciel, et le contrôle des effets, se fait par le midi.

C. le midi (Musical Instrument Digital Interface)

Le MIDI constitue le format habituel de codage des informations, qui circulent entre un ordinateur et un synthétiseur.

Dans ce cadre, le format Midi, sert à coder la force et la durée d'enfoncement des touches d'un synthétiseur, ce qui permet de détecter la hauteur de la note, et l'enveloppe du son, tel que les attaques et les nuances. La résolution temporelle est à la milliseconde, ce qui est suffisant pour capter d'autres

composantes de la musicalité des sons, telles les nuances.

Les données midi sont représentés dans les logiciels de musiques, dans un graphique appelé « piano-roll », qui rappelle les anciens rouleaux perforés des pianos mécaniques. Le temps en millisecondes, qui renseigne sur la durée des notes, est sur l'axe horizontal. Les touches du clavier qui renseignent sur la hauteur de la note, sont sur l'axe vertical. Les notes sont des segments horizontaux dont la longueur est proportionnelle à la durée. Les dynamiques n'apparaissent pas, mais elles sont codées par une valeur appelée « vélocité », qui mesure la force d'enfoncement des touches. (3)

Ableton live est un logiciel qui offre plusieurs fonctions intelligentes, tel que le warp (4), l'édition des morceaux de musique, l'automation des clips, la synchronisation entre les tonalités et le tempo…Ces différentes intelligences simulées, permettent d'avoir un outil de composition, et un séquenceur qui gère par lui même des éléments de la musicalité du morceau, tel que la synchronisation entre les sons, les rythmes et les paramètres qui contrôlent les effets.

La particularité de Live, est de s'adapter à la musique improvisée. Le mode cession dans live, fait appel en temps réel à la créativité du musicien, qui lance des scènes suivant ses idées musicaux.

Par contre la variété de sons fournie par les logiciels de musique, tel que Live, s'adaptent à plusieurs styles de musique, comme, le funk, le blouse, le swing, le reggae, la salsa…La musique arabe de tradition orale, trouve des difficultés à utiliser les boucles et les sons fournies par le logiciel, qui ne tiennent pas compte des caractéristiques de la musique arabe, tel que les quart de tons. Pour jouer une mélodie avec le clavier maitre, en utilisant le quart de temps, on doit le programmer dans un nouveau patch, dans Max for live. Ce patch consiste à envoyer la valeur du quart de ton, définie suivant le *maqam*, suite à un

déclenchement spécifique programmé à cet effet et à un instant précis.

L'apport de ce logiciel dans musique arabe reste restreint. Par ailleurs la musique du *maqam* est caractérisée par un enchaînement bien déterminé de notes, une hiérarchie des degrés et des *qaflas* (fin de phrase) bien spécifiques. Ces différentes caractéristiques de la musique arabe, nécessitent une réflexion sur la création de nouveaux algorithmes, qui tiennent compte de ces nouveaux paramètres, et donnent naissance à un nouveau logiciel musical adapté à cette musique.

Ce processus de création, nécessite avant tout l'analyse des caractéristiques de chaque *maqam* dans la musique arabe, de relever les tournures mélodiques, qui seront utiles dans le processus de la création. Il est important de rajouter aussi une palette d'effets, qui s adapte à cette musique, et programmer des degrés fluctuants qui change suivant le *maqam*.

D. Les caractéristiques fondamentales du *maqam*:

* Le degré fondamental est le degré principal autour duquel gravite la mélodie.

* La hiérarchie des degrés se base sur les degrés principaux ou pivots, telles que la quinte, la quarte ou la tierce, suivant le *maqam* interprété. Ce sont des degrés pivots qui dirigent les passages fluides d'un *jins* à un autre, ainsi que le développement et la variation mélodique. Les degrés secondaires et les notes de passage sont également importants, dans le déroulement mélodique du *maqam*, car ils servent à compléter les idées mélodiques.

* Les *ajnas* principaux sont définies par les différentes phrases mélodiques, qui se forment autour des degrés principaux, tandis que Les *ajnas* secondaires, se forment autour des degrés secondaires.

* les phrases types mélodiques reviennent souvent dans une improvisation, elles sont considérées comme un leitmotiv. Le repérage des unités musicales répétitives, permet à l'auditeur de se situer au cours de l'écoute. Il développe alors un décodage perceptif, lui permettant de mieux appréhender la structure mélodique de l'improvisation. Le système cognitif est sensible aux régularités mélodiques, et entreprend une structuration de l'œuvre, suivant un mécanisme de répétition, permettant de reconnaître le thème principal et ses différentes variantes.

LARTILLOT-NAKAMURA développe ceci en disant que

> *« La musique est en effet régie suivant le principe de répétition : l'expression musicale procède par une reproduction de schémas, tandis que l'écoute consiste en une reconnaissance de ces schémas»* (5).

* les phrases types rythmiques ce sont des motifs rythmiques répétitifs particuliers, souvent utilisées comme leitmotiv ou clichés. Le leitmotiv mélodique et rythmique permet de structurer, conduire une improvisation et interagir avec l auditeur, qui se représente la structure de l'improvisation au cours du temps(6)

* Les cadences mélodiques ou les *qafla* de phrases, se positionnent à la fin de chaque phrase musicale, marquant l'achèvement d'une idée musicale.

L'étude de ces différentes caractéristiques du *maqam*, nécessite une analyse détaillée, à partir de plusieurs exemples dans un même *maqam*. Cette analyse permettra d'imaginer une palette de sons appropriés à cette musique, des boucles mélodiques et rythmiques, utiles pendant la composition musicale avec l'ordinateur. L'analyse de la musique du *maqam* révèle une des pistes à suivre, pour fabriquer une mémoire de sons et de rythmes, suivant les caractéristiques étudiés de chaque *maqam*. Ceci permet de définir une configuration

caractéristique de propre au *maqam*, avec ses degrés fluctuants, et ses sons mélodiques et rythmiques. Le processus de la composition devient alors plus adapté, de telle sorte au moment de l'enregistrement ou de la composition, dans un *maqam* défini à l'avance, une interface correspondante se déclenche. Ce processus fait appel à une variété de sons, et de boucles mélodiques rythmiques, ainsi que les degrés fluctuants, qui correspond à ce *maqam*.

## II. L'improvisation dans la musique arabe et intelligence artificielle

### A. Improvisation dans la musique arabe

L'improvisation, est une création spontanée et instantanée, la diversité de ses interprétations, ne cessent pas d'évoluer. Elle s'identifie dans la musique arabe à travers le *maqam*, et repose sur un cheminement mélodique et un système modal définis par une hiérarchie d'unités similaires et divergentes, créant ainsi une organisation mélodique intrinsèque et spécifique.

Par ailleurs, bien qu'elle soit considérée comme une forme musicale, l'improvisation a toujours été perçue comme une forme libre, permettant par conséquent une liberté de l'interprétation.

Malgré les différentes interprétations possibles, la structure d'une improvisation se développe toujours à partir du squelette du *maqam*.

Dans ce cadre on distingue trois types d improvisations:

* Improvisation libre: il s'agit d'une création musicale instantanée, libre sans aucun accompagnement harmonique ou rythmique. Le musicien expose librement le schéma mélodique du *maqam*, qu'il développe au cours de son improvisation.

* Improvisation rythmée: il s'agit d'une création musicale instantanée sur un rythme définit à l'avance. Le musicien doit

tenir compte, dans son improvisation, du rythme qui l accompagne. Il improvise et dialogue avec le joueur de la percussion, pour créer une certaine harmonie dans son jeu.

* Improvisation avec un cycle rythmique et harmonique: il s agit d'une nouvelle forme d'improvisation récemment intégrée dans la musique arabe, et inspirée de la musique du jazz. Cette improvisation instantanée intervient généralement au milieu d'un morceau de musique, elle est faite sur une base de cycle harmonique et rythmique. La durée de l'improvisation est définie, suivant le nombre de reprise du cycle harmonique. La grille harmonique accompagnera l'improvisation, elle reproduit généralement l'harmonie du thème, ou le refrain principal du morceau de musique. Le musicien doit improviser sur la mélodie du *maqam*, en tenant compte de la grille harmonique. Ceci nécessite la maitrise de certaines connaissances de la musique arabe, et de l'harmonie utilisée dans le jazz. L'improvisation dans le jazz permet une certaine innovation à la musique arabe par le rajout d'un cycle harmonique aux caractéristiques du *maqam*.

Une nouvelle tendance de l'improvisation, est repérée par la création de nouveaux sons électroniques propre au musicien. Ce dernier va ainsi pouvoir s'exprimer, et s'affirmer en tant qu'interprète et créateur, voire innovateur.

B l'improvisation avec les nouveaux sons électroniques

En musique arabe, l'ajout de nouveaux sons créés en temps réel, développe une nouvelle piste de l'improvisation. Ces nouveaux sons, pourront intervenir par exemple, au moment de la tension mélodique, ou à des moments voulus, pendant le développement mélodique. L'ajout de ces nouveaux sons électroniques, à une improvisation dans un *maqam*, va apporter une nouvelle touche. Elle permet au musicien de rajouter à son interprétation, une nouvelle dimension contemporaine, et développe chez lui de nouvelles possibilités de création.

La création de nouveaux sons, nécessite de nouvelles technologies, et l'utilisation de nouveaux logiciels, tels que le logiciel Max ou Max for live. A travers ces différents logiciels, on pourra créer, gérer et contrôler en temps réel, plusieurs paramètres caractéristiques du son, tel que l'enveloppe du son, des fréquences des effets, des filtres …

Max / MSP est un environnement de programmation graphique, qui permet de créer nos propres patchs(7) en utilisant un ensemble d'outils visuels tel que des objets graphiques, des objets box et un ensemble de données, connues dans Max. Les objets graphiques sont les objets de control, objets audio, et objets live crée pour max for live. Les objets box indiquent les différentes opérations à suivre, tandis que les types de données nous indiquent la nature de l'instruction à suivre (un bang, un entier, un float, un symbol ou une liste)(8). Ces différents objets graphiques dans max, sont reliés avec des cordons de raccordement suivant un ordre d'exécution.

Il existe deux modes d'affichage dans max:

Le mode patching est le mode utilisation, qui permet la création et l'édition en temps réel, du device midi ou audio et la création du patch.

Le mode présentation permet de créer l'interface utilisateur du device, permettant au musicien, de contrôler les différents paramètres de son patch en temps réel.

Max représente un environnement graphique assez riche, qui comprend l'audio, le MIDI, le contrôle des objets max, l'interface graphique utilisateur et des objets de synchronisation.

> *Max est un logiciel de programmation graphique qui permet de traiter, de générer et d'interagir avec des données MIDI, des flux audio, vidéo, et tout autre type de données, comme celles provenant de capteurs*. (9)

Le déclenchement des différents patchs programmés dans Max, et la commande des sons en temps réel, nécessite des contrôleurs externes, tel que des pédales ou potentiomètres. Dans ce cadre, le musicien joue sa musique, et contrôlera au même temps, ses différents patchs pendant son improvisation.

C. intelligence artificielle et improvisation

Lors d'une improvisation, le musicien réfléchit en permanence, quelle note et quelle phrase qu'il va jouer, au fur et à mesure de son improvisation. Pour qu'un ordinateur reproduise le même schéma du musicien, il va choisir et enchainer des notes qu'il a en mémoire. L'algorithme fera appel à une loi de probabilité, pour choisir au hasard parmi les hauteurs, les durées possibles, ainsi que la fréquence d'apparitions de la note. La loi de probabilité appliquée par le logiciel, pour choisir parmi ces trois paramètres, tient compte, de ce qui a été joué précédemment.

L'improvisation avec un ordinateur se fait généralement avec le logiciel OMax, qui est un protocole de communication entre le logiciel Max et le logiciel Open Music(10). Ce logiciel d'improvisation est né à l'IRCAM. Le programme d'intelligence artificielle d'OMAX analyse en direct, ce que joue un musicien, et retranscrit le morceau avec des petites variations mélodiques.

Le logiciel OMAX établi une interaction homme machine, qui permet à l'ordinateur d'improviser avec le musicien, en enregistrant d'abord les phrases jouées par le musicien et en les répétant ensuite d'une manière différente.

> *L'interaction entre l'homme et la machine par le biais du logiciel OMax peut se résumer de la manière suivante. D'une part, l'ordinateur se sert des phrases jouées par un musicien (captation), d'autre part, il en produit de nouvelles qui ressemblent aux premières par certains aspects (imitation), mais s'en*

*éloignent par d'autres (transformation). Cette dialectique de l'imitation et de la transformation est paramétrée par les opérateurs informaticiens (contrôle).* (11)

Le choix du langage de programmation va définir différentes approches de l'improvisation avec ordinateur, et différentes conceptions de l'interactivité en musique(12). L'interaction homme machine passe principalement par deux étapes principales: la captation et l'imitation.

* Captation

Il s'agit de la première phase d'interaction, entre le musicien et l'ordinateur, pendant l'improvisation. Le musicien joue et au même temps écoute ce que propose l'ordinateur, cette écoute mutuelle permet à chaque instant de mener le cheminement mélodique.

* imitation

Le processus de l'imitation consiste à créer de nouvelles séquences musicales, à partir des séquences déjà existantes. Le logiciel doit apprendre les phrases habituelles du musicien, et reformulera après de nouvelles phrases, à partir de son répertoire déjà appris.

*L'un des principes fondamentaux du logiciel est l'apprentissage des tournures familières du musicien pour simuler son jeu en créant une sorte de clone informatique. Plus précisément, l'idée est que les événements apparaissant dans un morceau de musique peuvent être prédits, dans une certaine mesure, à partir de la séquence des événements apparus précédemment. L'ordinateur analyse les séquences qu'il reçoit, en cherchant quelles transitions se produisent dans un contexte*

*donné.* (13)

Le logiciel OMAX offre une interaction entre le musicien et l'ordinateur. Ce dernier jouera le rôle d'un musicien virtuel qui capte les phrases jouées, et les reformule avec une autre combinaison, pour créer de nouvelles phrases.

Cet article révèle l'importance de l'improvisation dans la musique arabe. Cette forme transmise par voix orale, a beaucoup évolué, par l'utilisation des sons électroniques et de l'intelligence artificielle.

Or explorer l'intelligence artificielle dans la création musicale, la limite à des sons ou mélodies, programmés par un logiciel. Cette nouvelle initiative, reste problématique, car la musique sera commandée par des algorithmes, qui peuvent prendre le dessus sur le processus de création du musicien. Ce qui incite à réfléchir sur la meilleure utilisation, de cette intelligence au service de la création musicale. En effet, l'intelligence artificielle permet, à un ordinateur de devenir un acteur pendant l'improvisation, et peux alors remplacer le musicien. Par ailleurs, la dématérialisation de l'être humain peut représenter un danger, pour l'avenir des musiciens, et de la musique. L'intelligence artificielle permet la robotisation de la musique, et une standardisation des formes de musique, tel que l'improvisation. La création musicale sera alors commandée par des logiciels de programmation, qui décideront de la musique jouée. Est ce que l'intelligence artificielle sert vraiment la création artistique?

Cette problématique permet de s'interroger aussi sur l'avenir de la musique arabe, et sur la nécessité de créer un nouveau logiciel spécialisé pour cette musique.

Le musicien se contente rarement d'exécuter une mélodie de la même manière, il entretient avec son instrument un rapport fusionnel, à travers lequel il communique des émotions, qui s'expriment non seulement par son interprétation, mais aussi par

ses gestes et sa posture. L'intelligence artificielle ne pourra pas se rendre compte de ses petites subtilités, et reproduire cette touche du musicien. D'ailleurs ces différents éléments procèdent d'un ressenti propre à chaque interprète, qu'aucune analyse n'arriverait à détecter ou à rendre compte. Or, c'est justement ce ressenti qui fait la beauté et l'originalité de l'œuvre.

Les futures recherches dans ce domaine vont être sujettes d'une adaptation de nouvelles méthodes d'analyses plus précises, qui définissent les différentes instructions qui forme une improvisation dans la musique du *maqam*. La recherche de nouveaux algorithmes tiendra compte de toutes les subtilités de l'interprétation, et permettre d'en élaborer une variété de structure de manière plus détaillée et plus fidèle.

## Bibliographie

(1) Nidaa Abou Mrad, « Congrès de Musique Arabe du Caire 1932 », Cahiers d'ethnomusicologie [En ligne], 29 | 2016, mis en ligne le 20 mai 2017, consulté le 21 janvier 2020. URL : http://journals.openedition.org/ethnomusicologie/2623
(2). Pour plus d informations sur le fonctionnement des capteurs dans le logiciel Max for live consultez https://www.interface-z.com/programmation/?Capteur-piezoelectrique-vers-Midi-en-Max
(3) Chemillier M., 2009, « L'improvisation musicale et l'ordinateur. Transcrire la musique à l'ère de l'image animée », Terrain, n° 53, pp. 66-83.
Marc Chemillier, « L'improvisation musicale et l'ordinateur », Terrain [En ligne], septembre 2009, mis en ligne le 15 septembre 2013, consulté le 22 janvier 2020. http://journals.openedition.org/terrain/13776
(4)
https://fr.wikipedia.org/wiki/Musical_Instrument_Digital_Interface
(5). https://iconcollective.edu/warp-tracks-in-ableton-live/
(6). Lartillot-Nakamura, Olivier, « Fondements d'un système

d’analyse musicale computationnelle suivant une modélisation cognitiviste de l’´ecoute », thèse de doctorat soutenu en 2004, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 256 P.
(7). Ayari, M, L’écoute des musiques arabes improvisées : essai de psychologie cognitive, L’Harmattan, Paris, 2003.
(8). https://fr.audiofanzine.com/glossaire/a.play,word.Patch-son.html
(9). Jean Lochard et Mikhail Malt, Max for live, support de cours version janvier 2020, Ircam centre Georges Pompideau, P 9.10.11
(10). https://www.ircam.fr/agenda/max-initiation-session-2-certification-max-niveau-1/detail/
(11). pour plus d’informations consultez https://www.ircam.fr/projects/pages/composition-assistee-par-ordinateur-openmusic/
(12). https://journals.openedition.org/terrain/13776
(13). Jérôme Nika, Marc Chemillier. « Improvisation musicale homme-machine guidée par un scénario temporel. Technique et Science Informatiques », Hermès-Lavoisier, 2015, p 4
(14) https://journals.openedition.org/terrain/13776

# La modalité au prisme de l'intelligence artificielle : Focus sur un phénomène qui ne cesse d'impacter le monde sonore d'aujourd'hui

***Haythem Bouzgenda***

*haythembouzguenda@yahoo.fr*

**Introduction :**

Il est indéniable que la révolution numérique, tout comme le progrès technologique, a apporté son lot d'avantages et d'inconvénients au monde de la création et de l'industrie musicale. C'est maintenant au tour de l'intelligence artificielle de se pointer à l'horizon en tant qu'une importante turbulence technologique qui ne cesse d'influencer et d'infléchir la création musicale. D'ailleurs, ce phénomène a eu un impact considérable sur le monde de la musique modale que ce soit au niveau de la conception de l'œuvre musicale et des différentes techniques utilisées pour son exécution ou au niveau de la production artistique et le recours aux logiciels de notation, d'arrangement et d'enregistrement musical.

L'IA n'a pas seulement influencé le monde de la musique modale mais aussi elle lui a offert la possibilité d'être une sorte de thérapie à support non verbal utilisant essentiellement le sonore comme le cas de la musicothérapie ou même le recours aux nouvelles technologies telles que l'hologramme qui a redonné vie à certains artistes décédés comme Om Kalthoum.

Ainsi, cet article s'interroge sur l'impact de l'intelligence artificielle, son apport, ses avantages et ses inconvénients dans le monde de la musique modale.

## 1- Intelligence artificielle et musique :

Au XXe siècle, l'évolution de la musique est allée de pair avec le progrès technologique. Le processus lui-même de la conception et de la réalisation de l'œuvre musicale est devenu un document sonore. Dans cette perspective, de nombreux compositeurs ont exprimé leur volonté de travailler en associant la musique aux nouvelles technologies tout en considérant l'ordinateur comme un outil capable d'offrir la possibilité d'établir un nouveau langage musical et une nouvelle dimension à l'œuvre artistique. L'apport des technologies au sein de la création musicale a constitué sans aucun doute l'événement le plus important depuis l'avènement des musiques électroniques dans les années cinquante. D'abord analogiques, les musiques se sont informatisées et les ordinateurs se sont révélés bien plus que de simples nouveaux instruments : des outils conceptuels. Grâce à la vitesse de leurs calculs, ils sont désormais en prise directe avec le temps musical produit par les interprètes au moment du concert. Cela a impliqué de nouveaux paradigmes qui ont bouleversé et ont redéfini les procédés de composition et de création musicale. A ce propos, le compositeur français Marc-André Dalbavie s'exprime ainsi :

> *« l'enjeu actuel, par contre, est la domination des nouveaux matériaux issus de l'apport technologique. Ceux-ci constituent la matière sonore principale de l'avenir musical, et déterminent donc l'urgence d'une réflexion profonde sur le devenir du langage musical.»* (Marc-André Dalbavie, 1991, 303)

Ainsi, se manifeste le rôle destiné à jouer par toutes ces nouvelles technologies dans la composition et les possibilités offertes par l'ordinateur qui a permis aux compositeurs de s'aventurer dans des domaines inexplorés jusqu'à alors, tout en les associant à leur propres problématiques. De plus, l'ordinateur a permis *« une insertion « à l'intérieur du son » du son, un synchronisme en temps réel, une prospection dans l'univers infinitésimal pour créer, structurer le timbre et organiser l'espace.»* (Philippe Demier, 2011, 27)

Dans cet ordre d'idées, l'intelligence artificielle a permis d'émuler, dans une certaine mesure, une création musicale algorithmique et semblable presque à celle du compositeur dans la mesure où les ordinateurs assistent les musiciens dans le travail d'enregistrement des pistes musicales et le séquencement des morceaux. En effet, plutôt que de composer une musique statique et linéaire, le compositeur va tout simplement créer la structure du morceau, la mélodie de base, les changements de rythme ; et c'est un algorithme qui va se charger de réinterpréter le tout avec plus ou moins de variantes. Mais quel rôle pourra jouer l'IA dans la musique modale ?

## 2- Intelligence artificielle et modalité :

Comme toute sorte de musique, la musique modale n'a pas échappé aux différentes influences des nouvelles technologies qui ont pu repousser plus loin les limites de la créativité musicale et artistique. Ainsi, le recours aux logiciels de musique et aux techniques algorithmiques est devenu remarquable dans plusieurs œuvres musicales, particulièrement les œuvres instrumentales. Parmi ces techniques, nous citons le « Tape delay » et « le Tape loop » ; Ces deux procédés le *« Tape Delay »* (l'enregistrement à retardement) qui repose sur la réinjection d'un signal préenregistré, produisant un effet d'écho et le *« Tape Loop »* qui est la mise en boucle d'une bande magnétique permettant une répétition cyclique, apparaissaient déjà dès les années soixante dans les œuvres des compositeurs américains Terry Riley et Steve Reich (Jérôme Bodon-clair, 2008, 21). Ces deux techniques permettent de donner une certaine illusion polyphonique dans le jeu instrumental ou vocal étant donné qu'elles simulent l'écho à travers la répétition de manière décroissante de ce qui est joué par l'instrument ou chanté par l'interprète. Plusieurs artistes et instrumentistes ont eu recours à ces deux procédés comme Dhafer youssef, Anouar Brahem, Zied Zouari, Mohamed Gharbi, etc. Ces procédés sont généralement employés lors des improvisations afin d'amplifier la mélodie et lui donner un effet polyphonique.

Par ailleurs, l'emploi des logiciels de musique, comme S*ound Forge* ou *Cubase*, et le recours à la musique assistée par ordinateur (MAO), a facilité les tâches du compositeur au niveau de la conception de l'œuvre musicale modale et son exécution. Cette dernière, de nature monodique, est devenue une œuvre ouverte à toute sorte d'interprétation et d'arrangement grâce aux outils informatiques qui ont donné la possibilité au compositeur d'écouter son travail, de le modifier s'il le faut et de choisir ses modes d'exécution ( modification du Tempo, choix des instruments, transposition de la mélodie, etc) grâce à la technologie VST (Virtual SOund Technology) qui remplace les interprètes humains.

Nous sommes donc face à une intelligence artificielle qui permet de repenser l'œuvre musicale modale mais aussi de ressusciter des artistes décédés comme le cas de la chanteuse égyptienne Om kalthoum grâce à la technique d'hologramme comme nous pouvons le voir dans la photo suivante :

**Concert holographique d'Oum Kalthoum en Arabie saoudite en 2019**

### 3- Une intelligence artificielle au service de la musique modale ?

La start-up luxembourgeoise Aiva a créé une intelligence artificielle appelée Aiva, un algorithme qui développe l'art de la composition grâce à l'apprentissage d'un grand nombre de partitions de musique composées par les plus

grandes figures de la musique classique, (Mozart, Beethoven, Bach, Vivaldi, Chopin, etc…). Aiva base l'essentiel de ses capacités sur la technologie du *Deep learning*, une méthode d'apprentissage basée sur des réseaux de neurones artificiels. Grâce à un algorithme développé par l'équipe, la machine analyse pas moins de 15.000 partitions numérisées pour générer un modèle mathématique et intuitif de la musique. Ce modèle est ensuite utilisé pour écrire de nouvelles compositions à la fois uniques et de qualité. Cette intelligence artificielle est capable de composer dans n'importe quel genre. L'algorithme est capable aussi de distinguer les styles des compositeurs et il a été programmé pour détecter d'éventuels plagiats[1].

Mais si cet algorithme a été nourri par une musique modale que ce soit tunisienne ou orientale, serait-il possible d'avoir une nouvelle musique tunisienne algorithmique ? Sommes-nous capable de créer une intelligence artificielle pareille afin de dimensionner notre musique, notre répertoire et patrimoine musical ?

### 4- Une intelligence artificielle qui détecte les émotions :

Le but de cette partie est de s'interroger si la musique modale écoutée peut influencer nos émotions. Pour ceci, nous avons emprunté l'exemple d'un algorithme, appelé le *facial Coding,* mis au point par une Startup française et qui détecte sur le visage des émotions tellement fugaces que nous ne pouvons pas percevoir. L'objectif de cet algorithme est d'avoir une lecture directe des émotions face un produit proposé, une musique par exemple, et de permettre de savoir si cette musique plaît à l'auditeur ou pas. Cet algorithme donne la possibilité d'analyser la réaction de l'auditeur et ce qu'il ressente seconde par seconde. Le *facial Coding* traite environ 80 points sur le visage et analyse le mouvement de 40 muscles ensemble. Il teste sept émotions qui sont la peur, la joie, la tristesse, le mépris, la nostalgie, la surprise, la colère et le dégoût. A travers ce test,

[1] Sources : Agence France Presse et Merkur – magazine de la Chambre de Commerce du Luxembourg.

nous pouvons prédire les réactions émotives de l'auditeur face à une musique proposée et d'analyser son comportement. Dans cette perspective, certains chercheurs évoquent la possibilité d'aider des personnes aux prises avec des problèmes de santé mentale pour stimuler des parties spécifiques de leur cerveau en musicothérapie. La question est de savoir si la musique modale pourra jouer elle aussi ce rôle thérapeutique de soulager les malades de certains symptômes et de traiter différents troubles de santé. Dans le cas d'une maladie d'Alzheimer, la musicothérapie permet de réduire l'anxiété et l'agitation des patients, tout en tentant de stimuler leur mémoire et de faire resurgir des souvenirs. Comme toute thérapie, c'est d'abord un moyen efficace de créer une relation entre le patient et l'aidant. A l'aide du *facial Coding*, nous pouvons dévoiler les réactions émotives de certains patients et savoir par la suite si la musique écoutée peut servir comme moyen de guérison. L'important est de savoir comment pouvons-nous faire de notre musique, par le bais de l'intelligence artificielle, un moyen thérapeutique.

## 5- L'intelligence artificielle, l'arme à double tranchant :

La capacité de l'humain à traiter des quantités massives d'information, ainsi que sa capacité à créer des structures cérébrales artificielles capables de reproduire nos raisonnements a, depuis quelque temps, ouvert le débat de la menace que représente l'intelligence artificielle sur le marché de l'emploi et sur la naissance des imposteurs dans le domaine musical. Effectivement, avec la création des logiciels de musique, de notation et d'enregistrement ainsi que les algorithmes de compositions, le monde musical a pris un nouveau tournant. Aujourd'hui le recours aux nouvelles technologies tel que l'enregistrement virtuel (VTS) a eu un impact considérable sur le marché d'emploi. Avec la MAO, nous n'avons plus besoin d'instrumentistes comme avant, plus besoin de choristes. Aujourd'hui les logiciels ont remplacé la majorité de musiciens. Plus besoin de passer des années à étudier l'harmonie, le contrepoint et la composition,. Avec de simples logiciels, nous pouvons faire des arrangements pour n'importe quel orchestre.

Tout est devenu algorithmique. Tout cela constitue une menace pour l'instrumentiste. Même le chef d'orchestre a été remplacé par un robot qui dirigé un orchestre humain comme nous montre la photo ci-dessous lors d'un concert à Sharjah aux Émirats arabes unis:

Par ailleurs, l'accès facile aux logiciels de musique, à l'ordinateur, cet élément central de la production sonore et à toutes les nouvelles technologies a ouvert la porte à l'apparition des imposteurs et des plagiaires qui se prennent pour des artistes et des compositeurs comme le cas des rappeurs en Tunisie ou de certains chanteurs arabes qui, grâce, au talent des techniciens de son, ont pu enjoliver leur voix.

**Conclusion :**

Il est à noter que l'intelligence artificielle a porté son lot d'avantages et d'inconvénients dans le monde de la musique modale. Ainsi, nous avons essayé à travers cet article de lever le voile sur certaines de caractéristiques qui ont hanté le monde sonore. L'essentiel de notre prise de position ne se situe pas dans l'adhésion ou non à l'intelligence artificielle mais dans l'utilisation de son potentiel pour innover et repenser notre répertoire musical que ce soit traditionnel ou moderne.

L'intelligence artificielle est certainement menaçante pour une série d'emplois d'aujourd'hui. Elle est aussi une composante inévitable de la création musicale modale d'aujourd'hui.

**Liste bibliographique :**

**Ouvrages :**

BODON-CLAIR, (Jérôme), **Le Langage de Steve Reich : L'exemple de Music for 18 musicians (1976)**, L'Harmattan, 2008, p.21.
DALBAVIE, (Marc-André), **Pour sortir de l'avant-garde, in : Le timbre, Métaphore pour la composition**, Textes réunis et présentés par Jean-Baptiste Barrrière, Paris, Christian Bourgois, Colloque Musique/Passé/Présent, 1991, p.303.
DEMIER), (Philippe), **Le parcours du compositeur: Cartographie d'un imaginaire, Sémiotique et philosophie de la musique**, Paris, L'Harmattan, 2011, p.27.

**Internet :**

https://www.youtube.com/watch?v=OzRbSG_9Ujc, consulté le 15 janvier 2020.

https://www.datakalab.com/ourdna, consulté le 23 janvier 2020.

https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1375716/intelligence-artificielle-apprentissage-automatique-musique-emotion-therapie, consulté le 23 janvier 2020.

https://www.france-orchestres.com/non-classe/lintelligence-artificielle-compositrice-de-musique-symphonique/, consulté le27 janvier.

https://www.nouvelles-du-monde.com/la-musique-en-chiffres-un-robot-dirige-un-orchestre-humain-2/, consulté le 1 février.

# فهرس المحتويات


توظيف الذكاء الاصطناعي في تأليف الموسيقات المقامية ..... 7

Création musicale et Intelligence Artificielle en musiques du maqām ..... 14

Music Creation and Artificial Intelligence in Musics of Maqām ..... 20

Musikalisches Schaffen und Künstliche Intelligenz in Musik von maqām ..... 25

De la musique aux mathématiques... et réciproquement
Marc Chemillier ..... 31

فقه الموسيقى في صلته بالرياضيات عند حكماء العرب الكندي والفرابي وأنسنته بالتكنولوجيا الحديثة
أنور جعيم ..... 45

التحليل النغمي والإحصائيات الخوارزمية للطبوع التونسية :دراسة تحليلية موسيقية "للعروبي" في طبع "رَصْد الذّيل "من "فُوندُو" "فْراق غْزَالِي" بصوت صليحة
حلمي بنصير ..... 63

**آليات استعمال البرامج الرقمية في تحليل الطبوع التونسية (طبع الذيل نموذجا)**
خالد الجمل ..... **85**

**إشكاليّة تحديد الأبعاد ونسبها في الموسيقى العربيّة ومحاكاتها من خلال البرامج الرّقميّة الحديثة، عروبي "اكمي سرّك" (خلطة الأصحاب) للشّيخ العفريت مثالا**
فايز الزواري ..... **99**

**قراءة نقدية لظاهرة الذكاء الاصطناعي وعلاقته بالموسيقى المقامية**
أمير لمهيّش ..... **117**

**الموسيقى المقاميّة في زمن العولمة**
عبد الله العيادي ..... **133**

**Improvisation et intelligence artificielle**
هند الزواري ..... **155**

**La modalité au prisme de l'intelligence artificielle : Focus sur un phénomène qui ne cesse d'impacter le monde sonore d'aujourd'hui**
هيثم بوزقندة ..... **173**