



Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université de Sfax



institut supérieur
de musique
de sfax



المؤتمر الدولي الثامن حول تحليل الخطاب الموسيقي

توضيف الذكاء الاصطناعي

في تأليف الموسيقى المقامية

COLLOQUE INTERNATIONAL N°8 :

CRÉATION MUSICALE
ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
EN MUSIQUES DU MAQĀM

إشراف وتنسيق: أ.د. الأسعد الزواري

د. حلمي بنصير



09-10
MARS
2020

توظيفُ الذِّكَاةِ الاصطناعيِّ في تأليفِ الموسيقاتِ المقاميَّةِ

أعمال المؤتمر الدولي الثامن
09 و 10 مارس 2020

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

العنوان: توظيفُ الذِّكاءِ الاصطناعي في تأليفِ الموسيقاتِ المقاميّةِ

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

بهم(لبنان)- Marc Chemillier (فرنسا).

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

عبير كمون.

ان المواضيع الواردة بهذا الكتاب تعبر عن آراء أصحابها وتلزمهم بها

فهرس المحتويات

- 7 توظيف الذكاء الاصطناعي في تأليف الموسيقىات المقامية
- 14 **Création musicale et Intelligence Artificielle en musiques du maqām**
- 20 **Music Creation and Artificial Intelligence in Musics of Maqām**
- 25 **Musikalisches Schaffen und Künstliche Intelligenz in Musik von maqām**
- 31 **De la musique aux mathématiques... et réciproquement**
Marc Chemillier
- 45 فقه الموسيقى في صلته بالرياضيات عند حكماء العرب الكندي والفراي وأنسنه بالتكنولوجيا الحديثة
أنور جعيم
- 63 التحليل النغمي والإحصائيات الخوارزمية للطبوع التونسية: دراسة تحليلية موسيقية "للعروبي" في طبع "رصد الدليل" من "فونديو" "فراق غزالي" بصوت صليحة حلمي بنصير

85	.....	آليات استعمال البرامج الرقمية في تحليل الطبع التونسية (طبع الذيل نموذجاً) خالد الجمل
99	.....	إشكالية تحديد الأبعاد ونسبها في الموسيقى العربية ومحاكاتها من خلال البرامج الرقمية الحديثة، عروبي "اكمي سرك" (خلطة الأصحاب) للشيخ العفريت مثالا فايز الزواري
117	.....	قراءة نقدية لظاهرة الذكاء الاصطناعي وعلاقته بالموسيقى المقامية أمير مهبّيش
133	.....	الموسيقى المقامية في زمن العولمة عبد الله العيادي
155	.....	Improvisation et intelligence artificielle هند الزواري
173	.....	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

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 خاص

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 إن 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 الموسيقى 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 صدق 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، مروراً بالتردد الصوتي والبث ("بال" (Bell) 1876 و"ماركوني" (Marconi) 1895)، وصولاً إلى مرحلة الخلق والابتكار التي شهدت تطورا نوعيا خلال النصف الأول من القرن العشرين، وتجسم ذلك في التوظيف الإلكتروني لـ"صناعة الصوت" وفي التأليف الموسيقي بحثا عن أصوات جديدة وسلام 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))، وبقينا 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 تطبيق "كيباس" (Cubase) التي سوقتها شركة "ستانبرغ" (Steinberg) منذ سنة 1966، وبذلك تركز بشكل كامل "الاستيديو الرقمي الافتراضي" (Virtual Studio Technology) ودشن بذلك مرحلة جديدة سمتها الآلة الموسيقية الافتراضية مع القطع بصفة تدريجية مع المدونة والآلة الموسيقية التقليدية.

ومع حلول الألفية الجديدة، وتحديدًا العشرية الأولى منها، بدأ الحديث حول "الذكاء الاصطناعي" (IA : l'intelligence artificielle) وما اصطلح على تسميته بـ "المنظومة الرقمية للتعلم الذاتي" (entité digitale auto-apprenante)، وغنم المجال الموسيقي في هذا المضمار عديد المؤلفات الموسيقية والمشهدة 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 المخصصة إلى توفير برمجية "فينالي" (Finale) و"سيبالييس" (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 وذكرته 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 جزئياً 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 أساساً 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 السلمى والأجناس والتلوين المقامي والمسار المقامي والتداخل بين اللحن والإيقاع والتنوع الإيقاعي. ولنا أن نشير إلى بعض المحاولات التي أنجزها بعض الباحثين قصد تجاوز القيود التي فرضها التحليل الموسيقي التقليدي المرتبط أساساً 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 والهئات 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 الموسيقى 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 مسaire 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 *'ūd* 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-‘amal*, 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-‘uqūd*

- iii. *Sayr-al-‘amal*
 - 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 to 1951 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 'ūd 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-‘amal, 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. Personalnotation
 - ii. Strukturierung durch ajnās-‘uqūd
 - iii. Sayr-al-‘amal
 - 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