



HAL
open science

L'analyse de la musique mixte : vers une redéfinition des “workflows” en musicologie

Pierre Couprie

► **To cite this version:**

Pierre Couprie. L'analyse de la musique mixte : vers une redéfinition des “workflows” en musicologie. Portraits Polychromes, 2016, Regards sur les musiques mixtes, 23, pp.231-247. hal-01430458

HAL Id: hal-01430458

<https://hal.science/hal-01430458>

Submitted on 7 Apr 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Pierre Couprie

L'ANALYSE DE LA MUSIQUE MIXTE : VERS UNE REDEFINITION DES *WORKFLOWS* EN MUSICOLOGIE

« La simulation n'est plus celle d'un territoire, d'un être référentiel, d'une substance. Elle est la génération par les modèles d'un réel sans origine ni réalité : hyperréel. Le territoire ne précède plus la carte, ni ne lui survit. C'est désormais la carte qui précède le territoire [...] »¹

1. Introduction

Depuis la fin des années 90, les centres de création musicale ont vu se généraliser un certain nombre de pratiques dans lesquelles l'interactivité, l'hybridation et la modularité des technologies, le mélange avec d'autres formes artistiques sont devenues de plus en plus courantes. Ces pratiques artistiques ne sont pas nouvelles, mais l'accès facilité à la technologie informatique portable, voire mobile², a permis leur multiplication. Parallèlement, le numérique a aussi envahi l'ensemble de la société en transformant profondément de simples actes de tous les jours au point de nous faire perdre même la conscience de la distance entre notre corps et le numérique. Cette évolution, qu'elle soit profonde et durable ou simplement une étape, est en train de produire une réelle mutation de notre société.

La recherche est elle aussi en plein bouleversement, les humanités numériques sont devenues le quotidien de nombreux chercheurs. La recherche sur les arts est probablement un des domaines les

¹ Jean Baudrillard, *Simulacres et simulation*, Paris, Galilée, 1981, p. 10.

² Par exemple, le compositeur Hans Tutschku distribue la partie électronique de ses œuvres mixtes sur son site web sous la forme d'applications pour iPhone.

plus impliqués. L'art a intégré les technologies dès leur apparition et bien souvent avant leur généralisation. La musique électroacoustique, fondée sur l'usage de la technologie analogique puis numérique a toujours demandé au musicologue une grande expertise dans le domaine technique. Cette expertise lui a ainsi permis d'intégrer très tôt cette technologie dans son activité : le sonagramme, l'usage de l'enregistrement la navigation dans un enregistrement ou la lecture à vitesse réduite , du montage l'analyse comparative de fragments éloignés , de la transformation spectrale le filtrage ou de la synchronisation entre un discours, une représentation et un déroulement temporel.

La frontière entre les deux approches historiques de l'analyse musicale assistée par ordinateur³ l'analyse computationnelle ou sub-symbolique et l'analyse sonographique est de plus en plus poreuse. En effet, le numérique est en train de suggérer de nouvelles pratiques ou tout au moins de nouvelles passerelles entre ces pratiques qui étaient hier encore bien délimitées.

Toutefois, le décodage, la représentation et l'interprétation des données numériques font émerger de nombreux problèmes. Cet article me permettra de mettre en évidence les difficultés dans le domaine de l'analyse des musiques mixtes et d'avancer quelques directions de recherche. Je m'attacherai d'abord à circonscrire le corpus en montrant le lien très fort entre la création actuelle et une nouvelle forme de technologie que l'on peut qualifier d'hybride et de modulaire. J'envisagerai ensuite l'analyse musicale en regard de l'activité d'archivage. Ces deux domaines se rejoignent de plus en plus et l'analyse musicale a beaucoup à apprendre des nouvelles techniques d'archivage. Enfin, je me pencherai sur les méthodes et les outils nécessaires à l'analyse

³ Philippe Lalitte, « Du son au sens : vers une approche sub-symbolique de l'analyse musicale assistée par ordinateur », *Musurgia*, n°18, vol. 2, p. 99-116.

d'œuvres mixtes. Je montrerai, qu'au-delà de l'usage de technologies numériques complexes, le musicologue doit redéfinir sa méthode de travail et mettre en place de nouveaux *workflows* adaptés aux sources sur lesquelles il travaille.

2. Présentation du corpus : vers de nouvelles pratiques musicales

2.1. Le numérique dans la création musicale

Même si l'informatique est apparue en musique depuis plus d'un demi-siècle⁴, sa généralisation est très récente. Les progrès de l'informatique personnelle dans les années 90 puis de l'informatique portable au début des années 2000 ont rendu la technologie numérique abordable pour tous les artistes et leur ont permis de l'intégrer au dispositif de scène.

Le passage de l'analogique au numérique a profondément modifié les méthodes de travail du compositeur, mais aussi décuplées les possibilités qui lui sont offertes. Par exemple, la visualisation du son à l'aide de représentations physiques (essentiellement la forme d'onde ou le sonagramme) permet de naviguer bien plus facilement dans d'importantes collections d'enregistrements ou de manipuler le son jusque dans ses plus infimes détails. Enfin, la prolifération des interfaces depuis le début des années 2000 a facilité l'apparition de nouvelles pratiques de scènes dans lesquelles le compositeur peut devenir son propre interprète, se mêler aux instruments acoustiques ou interagir plus facilement avec d'autres artistes lors de la performance.

La perte due à l'abandon de l'analogique a permis la découverte de nouveaux territoires dans le domaine du sonore. Cette écoute noire, acousmatique, naturelle avec l'usage des technologies analogiques, a été remplacée par une écoute enrichie par l'image. Loin d'être une dispersion, l'image permet une meilleure

⁴ Olivier Baudoin, *Pionniers de la musique numérique*, Paris, Delatour, 2012.

compréhension et une maîtrise bien plus grande de l'ensemble de chaîne de transformation et d'édition du son. Sa proximité avec les aspects visuels de la musique, comme la partition, permet aussi de créer d'audacieux points de rencontre.

2.2. Une typologie des œuvres mixtes

La définition d'une œuvre mixte devient difficile tant elle intègre bien souvent des technologies et des dispositifs variés. En analysant les dispositifs électroacoustiques et les pratiques musicales, trois catégories d'œuvres mixtes se dégagent :

1. les œuvres avec une partition et une partie électronique fixées ;
2. les œuvres avec une partition fixée et une partie électronique interactive ;
3. les œuvres dont la partition et la partie électronique sont interactives ou intégrées au dispositif électronique lui-même.

Les deux premières catégories contiennent les dispositifs historiques, la troisième partie englobe des œuvres plus récentes.

La première catégorie regroupe une grande partie des œuvres mixtes créées durant les années 50 et 60. Même si quelques œuvres intégraient déjà des dispositifs interactifs ou de transformation à l'aide d'effets ou de synthétiseurs analogiques, de nombreuses œuvres sont constituées d'une partition et d'une bande magnétique contenant la ou les parties électroniques. Cette catégorie occupe les musicologues depuis plus de trente ans.

La deuxième catégorie d'œuvres a commencé avec l'apparition des premiers instruments interactifs au tournant des années 70. La partie électronique est créée en temps réel à partir de fragments d'enregistrement, de sons synthétisés ou par transformation des sons d'instruments acoustiques.

La troisième catégorie regroupe des œuvres dans lesquelles il est souvent difficile de séparer la partition du dispositif

électroacoustique voire de l'espace même de la création. Ces œuvres peuvent, à l'occasion, utiliser l'improvisation, mais leur principale caractéristique est d'être basée sur des dispositifs hybrides et modulaires. Hybride, car mettant en jeu des technologies différentes. Modulaire, car permettant la reconfiguration de l'instrument numérique durant les répétitions, voire même durant la performance. Le compositeur-musicien est aussi bien souvent présent sur scène lors de la création. Dans cette catégorie, la partition peut regrouper le support papier et l'instrument numérique contenant les algorithmes permettant de générer les sons de la partie électronique.

2.3. Analyser la performance ?

Cette multiplicité des pratiques s'est renforcée depuis une dizaine d'année avec la facilité d'accès aux technologies numériques portables et l'important développement d'interfaces gestuelles permettant de rivaliser avec l'expressivité des instruments acoustiques. De plus, au-delà de l'usage des technologies numériques, cette tendance à focaliser la création sur le travail du son lors de la performance est devenue une généralité dans la création musicale actuelle. Le chercheur anglais Leigh Landy utilise le terme *sound-based music*⁵ pour désigner des formes très récentes de création dont le son est devenu le point central de l'œuvre et qui n'ont pas encore, ou très peu, été intégrées dans la recherche musicologique. De même, le terme performance est très souvent employé pour désigner cette forme de création dans laquelle le geste du musicien sur scène, le dispositif de diffusion ou le lieu sont une part importante de l'œuvre. Désormais, l'analyse de la partition et de la partie électronique ne suffit plus, ces éléments ne représentent qu'une part très réduite de l'œuvre.

⁵ Leigh Landy, *Understanding the Art of Sound Organization*, Cambridge, MIT Press, 2007.

L'étude de telles œuvres allographiques⁶ doit se faire sur l'analyse de plusieurs performances et sur des documents dénotatifs très variés, sur l'ensemble des sources qui témoignent de l'acte même de la performance.

Ce déplacement progressif de l'analyse musicale des supports permettant la création de l'œuvre vers le moment même de création est très important dans le domaine des musiques utilisant les technologies numériques. Toutefois, le musicologue se retrouve confronté à un problème essentiel : l'enregistrement de l'ensemble des éléments d'une performance électroacoustique interactive semble actuellement impossible. Il convient donc de faire un détour par le domaine de l'archivage et de comprendre comment les chercheurs tentent de résoudre ce problème afin de pérenniser la création numérique.

3. Analyse musicale et archivage

3.1. Archivage

Le décodage, l'analyse et la représentation des données sont des étapes importantes de l'archivage. Avec le numérique, cette discipline a été profondément modifiée. En effet, l'étape de décodage n'existe pas sur un support traditionnel comme le papier. Dans ce dernier cas, l'accès au contenu ne nécessite aucune médiation technologique. Pour le numérique, un outil permettant le décodage du support et sa transcription en données lisibles est indispensable.

L'archivage regroupe quatre approches qui se complètent :

1. l'approche muséologique consiste à conserver les données et les outils qui permettent de les lire ;

⁶ Gérard Genette, *L'œuvre de l'art*, Paris, Seuil, 2010(1997), p. 184-185.

2. la migration permet de mettre à jour les données afin qu'elles continuent à être compatibles avec les outils de lecture récents ;
3. l'émulation permet de conserver les données intactes en maintenant le développement de machines virtuelles émulant les outils de lecture d'origine ;
4. la documentation est établie afin de conserver le savoir associé aux données et permettre ainsi leur décodage dans le futur.

Ces quatre approches ne sont pas antinomiques, mais complémentaires. Toutefois, elles ne permettent pas de conserver efficacement les données d'une manière systématique et exhaustive. En effet, l'approche muséologique est impossible à mettre en place pour des volumes trop importants de données sur des supports différents. De même, la migration présente l'inconvénient de ne pas conserver les données dans leur format d'origine, risquant ainsi de les détériorer. Quant à l'émulation, elle nécessite un travail incessant de développement de machines virtuelles qui ne cessent de se complexifier avec le temps et l'apparition de nouveaux supports.

Bruno Bachimont⁷ souligne les deux problèmes qui sont liés à la conservation de documents numériques :

- i. le fossé d'intelligibilité est un problème traditionnel de l'archivage : au fil des années, les connaissances indispensables à la lecture et/ou l'interprétation des données disparaissent progressivement. L'établissement d'une documentation associée aux données est un bon moyen de combler ce fossé à court terme. A long terme (plus d'un siècle), la présence d'experts est nécessaire ;

⁷ Bruno Bachimont, « La présence de l'archive : réinventer et justifier », *Intellectica*, n° 53, 2010, p. 302-303.

2. le fossé d'obsolescence est purement technique : un support devient progressivement illisible au fil des années, il nécessite d'être mis à jour régulièrement.

Ces deux écueils n'ont pas été résolus. Comme le souligne Bruno Bachimont, le meilleur moyen reste celui de sélectionner les données à archiver et de le faire d'une manière la plus complète possible au lieu de tenter d'archiver l'ensemble des données.

3.2. L'archivage des œuvres mixtes

Ces questions se posent aussi dans le domaine musical. Ces dernières années, plusieurs projets de recherche ont porté, entre autres, sur l'archivage d'œuvres électroacoustiques. Les projets CASPAR⁸ et GAMELAN⁹ en sont de bons exemples. L'objectif de ces deux projets complémentaires est de développer un cadre pour la conservation des données numériques. Pour une œuvre mixte, cette conservation s'étend à un ensemble de documents très variés :

- la partition avec les notes du compositeur et la signification des symboles utilisés ;
- la partie électronique : fragments audio, fichier et/ou code des logiciels utilisés ;
- la documentation technique sur la création : description du dispositif électroacoustique avec les connexions, les emplacements, les réglages, les types d'appareils, etc.

⁸ *Cultural, Artistic and Scientific knowledge for Preservation, Access and Retrieval* : http://www.unesco.org/science/remotesensing/?id_page=98&lang=fr.

⁹ *Gestion et l'Archivage de la Musique et de l'Audio Numériques* : <http://www.gamelan-projet.fr>.

- la documentation connexe avec les notes de programme, les articles critiques, les entretiens avec le compositeur et les musiciens, etc.

L'ensemble de ces données doit ensuite être traité afin de permettre sa conservation dans le temps.

Ces projets s'intéressent aussi aux données génétiques des œuvres. L'archivage du parcours du compositeur avec ses esquisses et l'ensemble de ses documents de travail est un bon moyen de documenter l'œuvre afin de faciliter sa conservation. Toutefois, même si le numérique pourrait faciliter une forme de *versionning*¹⁰ de l'œuvre, aucun logiciel de création ne supporte cette fonction.

Dans le cadre de GAMELAN, un projet d'analyse génétique¹¹ a permis de *hacker*¹² le logiciel libre Audacity afin de tracer l'ensemble des actions réalisées par le musicien. Ces actions sont

¹⁰ Le *versionning* est une technique de travail dans le développement informatique qui consiste à conserver et documenter toutes les étapes d'évolution du code. Cette technique nécessite l'emploi d'un système spécifique généralement accessible en ligne permettant ainsi à plusieurs développeurs de travailler sur le même code ou sur des branches différentes du même code.

¹¹ Karim Barkati, Alain Bonardi, Antoine Vincent et Francis Rousseaux, « GAMELA : A Knowledge Approach for Digital Audio Production Workflows », *Artificial Intelligence for Knowledge Management*, Montpellier, Ifip, 2012, p. 75-80.

¹² Le *hacking* consiste à modifier un logiciel existant afin d'y ajouter des fonctionnalités.

envoyées à l'aide du protocole OSC¹³ qui référence aussi les fichiers modifiés. Ce projet très intéressant dans le cas des musiques électroacoustique est une réponse au problème du suivi du travail du compositeur. Toutefois, sa généralisation aux logiciels professionnels habituellement employés en création numérique n'est pas à l'ordre du jour.

3.3. Ce que l'archivage nous apprend pour l'analyse musicale

Ces questions d'archivage peuvent nous apporter de nombreuses réponses aux problèmes de l'analyse des musiques mixtes. Une œuvre mixte se compose d'un ensemble de données qui, dans certains cas, peuvent être très complexes :

- les données génétiques de l'œuvre : les esquisses, les documents, les interviews du compositeur, etc. ;
- la partition sur un support papier ou numérique ;
- la partie instrumentale du dispositif électroacoustique comprenant généralement des microphones et un dispositif de production/traitement audio. Cette partie du dispositif est bien souvent difficilement adaptable ou son adaptation se fait par migration (remplacement d'un ou plusieurs appareils/logiciels par d'autres jugés équivalents) ;
- la partie diffusion du dispositif électroacoustique habituellement adaptée en fonction du lieu, même si cette partie est généralement notée précisément par le compositeur ;
- les données échangées pendant la performance entre les appareils/logiciels : données MIDI, OSC, liste de valeurs, etc. ;

¹³ L'*Open Sound Control* est un protocole de communication utilisé dans les interfaces de contrôle récentes des musiques interactives. Dans ce cas, il remplace le MIDI.

- la documentation de la ou des créations comme les notes de programme, les critiques, mais aussi les indications des techniciens ou la documentation visuelle (photographies ou vidéo).

Cet essai de classification est probablement incomplet et pose d'inévitables questions. La première est celle de la porosité des catégories. Ainsi, dans le cas de performances récentes, la partition d'une œuvre mixte ne se limite pas au support papier ou numérique contenant les graphiques et permettant au musicien et aux assistants musicaux de recréer l'œuvre. Cette catégorie déborde bien souvent sur celle d'instrument numérique. Ce dernier fonctionne à partir de données et d'algorithmes qui peuvent être indissociables de la partition. En dehors de quelques œuvres bien choisies, formatées et faciles à circonscrire, une majorité des œuvres mixtes se définissent bien souvent par leur complexité voire leur impossibilité à être recréées sans des adaptations modifiant parfois l'œuvre en profondeur. Cette complexité se traduit aussi sur le plan de l'analyse musicale :

- quelles sont les versions de l'œuvre à analyser ? Comme le souligne Marie-Noëlle Masson, en citant Gérard Genette, « l'œuvre est une donnée "opérale", elle relève de l'"action" »¹⁴. De cette action découlent des données qui peuvent varier d'une manière très importante, il est donc essentiel de faire porter l'analyse sur plusieurs versions de l'œuvre afin de circonscrire les données communes ;
- comment capter une performance électroacoustique avec l'ensemble des données qui pourront être utiles au musicologue ?

¹⁴ Marie-Noëlle Masson, « De la réinvention posthume de la musique par elle-même », dans *L'interprétation musicale*, Paris, Delatour, 2012, p. 39.

- comment manipuler des données provenant d'appareils/logiciels différents, obéissant à des temporalités différentes et se présentant sous la forme de données fixes ou procédurales ?
- comment interpréter et représenter les différentes données qui composent une œuvre mixte : de la captation vidéo de la performance aux échantillons sonores utilisés par la partie électronique en passant par les algorithmes développés dans le ou les logiciels ?

Ces questions sont essentielles pour le musicologue, car de leur réponse dépendra la nature des données prises en compte dans l'analyse ainsi que leur interprétation. J'ai souligné précédemment le problème de décodage inhérent au support numérique : comment réduire une liste de données afin d'en visualiser l'ensemble sans supprimer les microvariations ? Comment transférer les données d'un logiciel à l'autre afin d'en étudier les différentes caractéristiques sans risquer de perdre des valeurs ou produire des erreurs de transcription ?

Nous voyons donc que les questions relatives au support sont essentielles pour la musicologie. De leur traitement dépendront la validité et les résultats de l'analyse musicale.

4. Vers une redéfinition des *workflows* en analyse musicale

4.1. La notion de *workflow*

Le philosophe Pierre Steiner note à propos des technologies numériques :

« Si les technologies sont cognitives, ce n'est pas en permettant de réaliser ou de favoriser la réalisation de fins cognitives [...] mais en inscrivant, produisant et transformant

notre cognition, et donc en constituant la possibilité de nouvelles fins cognitives. »¹⁵

Il semble évident que l'usage grandissant des technologies numériques dans la recherche ne peut se passer d'une réflexion sur leur impact dans l'activité même de recherche. Or, dans le cas de l'analyse des musiques électroacoustiques, l'emploi de ces technologies occupe souvent une part importante de la recherche.

Un *workflow*¹⁶ est un ensemble de tâches effectuées successivement par une ou plusieurs personnes. Dans le cas de l'analyse musicale, le *workflow* va consister en la réalisation d'un ensemble de tâches (description, analyse, interprétation, représentation, etc.) en vue de produire l'analyse. Dans cet article, je ne m'intéresserai qu'aux tâches nécessitant l'usage du numérique. Cette partie du *workflow* consistera donc à transférer des données d'un logiciel à un autre, ou d'une fonction à une autre dans le même logiciel, afin de produire d'autres données. J'ai souligné précédemment qu'une des difficultés du traitement des données numériques était de les décoder sans produire d'erreur. Cette difficulté est renforcée par le fait qu'il n'existe pas de format d'échange standard entre les logiciels couramment utilisés en analyse musicale. Ces logiciels sont de divers types et produisent des fichiers dans des formats fermés¹⁷ ou ouverts¹⁸. La figure 1 présente différents types de logiciels avec les formats ouverts les plus couramment utilisés.

¹⁵ Pierre Steiner, « Philosophie, technologie et cognition. Etat des lieux et perspectives », *Intellectica*, n° 53, 2010, p. 13.

¹⁶ J'utilise l'anglicisme plutôt que le terme recommandé en français, flux de travaux, car ce dernier n'est que rarement employé.

¹⁷ Un fichier en format fermé, ou propriétaire, est associé à un ou plusieurs logiciels qui en contrôlent l'écriture et la lecture. Les spécifications qui permettent de le lire ou l'écrire ne sont pas

Types de logiciels	Exemples de formats ouverts
Notation musicale	MusicXML ¹⁹ , MEI, LilyPond
Analyse du son	Texte, CSV, XML, SDIF
Analyse de données	Texte, XML, JSON
Production sonore	Texte, JSON
Représentation	Texte, XML

Figure 1 : exemples de formats ouverts utilisés dans différents types de logiciels utilisés en analyse.

Dans un *workflow* d'analyse musicale, le musicologue va transférer les données entre les logiciels à l'aide de ces différents formats ouverts ou à l'aide de formats propriétaires fermés. La figure 2 représente un exemple de différents types d'actions réalisées lors de l'analyse d'une œuvre mixte. Les fichiers analysés ou produits apparaissent sous la forme de rectangles et les actions sous la forme d'ellipses. Dans cette figure l'ensemble concourt à la réalisation de plusieurs représentations. Le mot représentation est ici pris au sens large : il fait référence aux représentations physiques comme la forme d'onde ou le sonagramme , aux annotations temporelles de segmentations, aux représentations de la forme, des structures internes de l'œuvre ou aux représentations

publiées ou sont soumises à des restrictions qui limitent son usage.

¹⁸ Un fichier en format ouvert ne possède aucune restriction de lecture ou d'écriture et peut être implémenté gratuitement dans un logiciel.

¹⁹ Je cite ici MusicXML même si ce format est fermé contrairement au MEI.

résultantes d'extractions de données comme dans le cas des descripteurs audio.

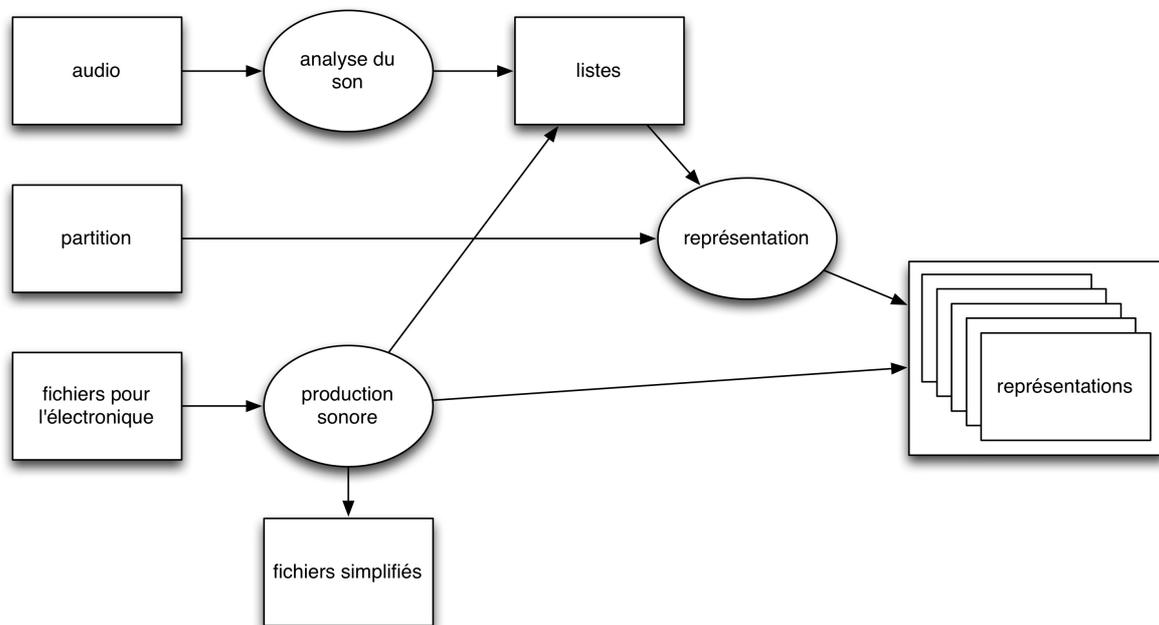


Figure 2 : exemple d'actions réalisées lors de l'analyse d'une œuvre mixte. Les actions sont représentées par des ellipses et les fichiers par des rectangles.

4.2. La gestion des fichiers

Dans ce type d'analyse, les difficultés rencontrées par le musicologue sont de trois types :

1. la première difficulté est celle de la lecture et de l'interprétation des fichiers permettant de jouer la pièce ou de ceux générés durant la performance. Ces fichiers peuvent être de différents formats et nécessiter le ou les logiciels utilisés durant la création. Certains de ces fichiers sont en temps (les fichiers audiovisuels), d'autres sont d'ordre séquentiel (les données enregistrées durant la création) ou procédural (les fichiers sources des logiciels) ;
2. la deuxième difficulté se situe dans le transfert des données d'un logiciel à un autre. Bien souvent, le musicologue a besoin d'analyser les données avec un logiciel puis d'analyser

ce résultat dans un autre logiciel. Comme je l'ai dit précédemment, il n'y a pas réellement de formats d'échange entre ces différents logiciels. Il faut alors convertir le fichier dans un format lisible (par exemple en texte pur) et ensuite modifier la présentation des données dans ce fichier pour permettre son importation dans un autre logiciel. Dans certains cas, il est même nécessaire de créer un logiciel intermédiaire permettant la conversion des données ;

3. enfin, la troisième difficulté se situe dans la confrontation entre les différents types de données. Par exemple, visualiser dans une même interface une vidéo de la performance, la partition et des descripteurs audio est bien souvent problématique.

Les difficultés rencontrées par le musicologue sont donc réelles. A celles-ci s'ajoute le nombre réduit de logiciels spécifiquement conçus pour l'analyse musicale ou permettant un échange de données à l'aide de formats ouverts.

4.3. Deux exemples de logiciels pour la représentation

L'étape de représentation²⁰ est essentielle dans l'analyse de la musique électroacoustique. Différents types de représentations sont généralement utilisées :

- les représentations acoustiques du son : la forme d'onde, le sonagrammes, etc. ;
- les représentations résultantes d'une analyse du son : les descripteurs audio, l'extraction de données diverses, etc. ;

²⁰ Pierre Couprie, « La représentation graphique : un outil d'analyse et de publication de la musique électroacoustique », *Doce Notas, L'analyse de la musique*, n° 19-20, Madrid, 2009, pp. 349-356.

- les représentations graphiques issues de l'analyse musicale : la représentation de la forme ou de structures internes à l'œuvre, etc.

La réalisation et la manipulation de ces différents types de représentations nécessitent aussi l'usage de plusieurs logiciels. Jusqu'à présent, deux types de logiciels étaient à la disposition des musicologues :

1. les logiciels permettant l'extraction de données à partir de fichiers audio comme *Audiosculpt*²¹ ou *Sonic Visualiser*²² ;
2. les logiciels conçus pour l'annotation ou la représentation graphique comme l'*Acousmographe*²³ ou *iAnalyse Studio*²⁴.

Ces quatre logiciels ne sont que des exemples, mais ils sont très régulièrement employés par les musicologues et permettent de réaliser une grande partie des tâches de représentation nécessaires à l'analyse d'une œuvre électroacoustique sur support. Ils ont toutefois trois limites :

²¹ *Audiosculpt* est un logiciel d'analyse et de transformation du son développé par l'Ircam (<http://forumnet.ircam.fr/product/audiosculpt/>).

²² *Sonic Visualiser* est un logiciel d'analyse du son et d'extraction de données (à l'aide de plugins en format Vamp) développé par l'Université Queen Mary de Londres (<http://www.sonicvisualiser.org>).

²³ L'*Acousmographe* est un logiciel de représentation graphique développé par le Groupe de Recherches Musicales de l'Ina (<http://www.inagrm.com/accueil/outils/acousmographe>).

²⁴ *iAnalyse Studio* est un logiciel d'aide à l'analyse musicale et à la réalisation de guides d'écoute développé par Pierre Couprie (<http://ianalyse.pierrecouprie.fr>).

1. ils ne sont utilisables que pour la création d'un certain type de représentation : un espace à deux dimensions représentant le temps et les fréquences ;
2. certains ne permettent pas d'importer ou d'exporter des données provenant d'autres logiciels ;
3. certains ne permettent pas de travailler sur des fichiers de différents types : audio, vidéo, données diverses, etc.

Dans le cas des musiques mixtes interactives, ces limites sont souvent rédhibitoires et nécessitent l'usage d'autres logiciels conçus, par exemple, pour le traitement de la vidéo ou l'analyse statistique.

Récemment, deux nouveaux projets sont apparus et ont pour ambition de bousculer ces limites afin d'étendre les possibilités offertes aux musicologues.

4.3.1 Le projet *Interactive Aural Analysis*

Interactive Aural Analysis (IAA)²⁵ est un projet développé par Michael Clarke à l'Université d'Huddersfield. Il consiste à publier une analyse musicale sous la forme d'un logiciel permettant d'explorer l'œuvre. Trois analyses ont été produites sous cette forme. L'interface est très riche et permet de naviguer dans l'analyse à l'aide de différents types de représentations (figure 3 et 4).

Les différentes représentations sont interactives et permettent d'écouter chaque fragment analysé. De plus, elles sont complétées par un ensemble de mini applications permettant de manipuler les sons à la source de l'œuvre afin d'étudier la genèse des processus employés par le compositeur. Ces trois analyses sont fermées, les logiciels ne permettent pas de réaliser des analyses d'autres

²⁵ Michael Clarke, « Analysing Electroacoustic Music: an Interactive Aural Approach », *Music Analysis*, n°31, 2012, p. 347-380.

œuvres, mais une deuxième étape du projet est en court afin de créer un logiciel plus ouvert.

Comme je l'ai montré précédemment, l'activité musicologique nécessite de manipuler différents types de représentations. IAA permet ces manipulations jusque dans les plus infimes détails de l'œuvre.

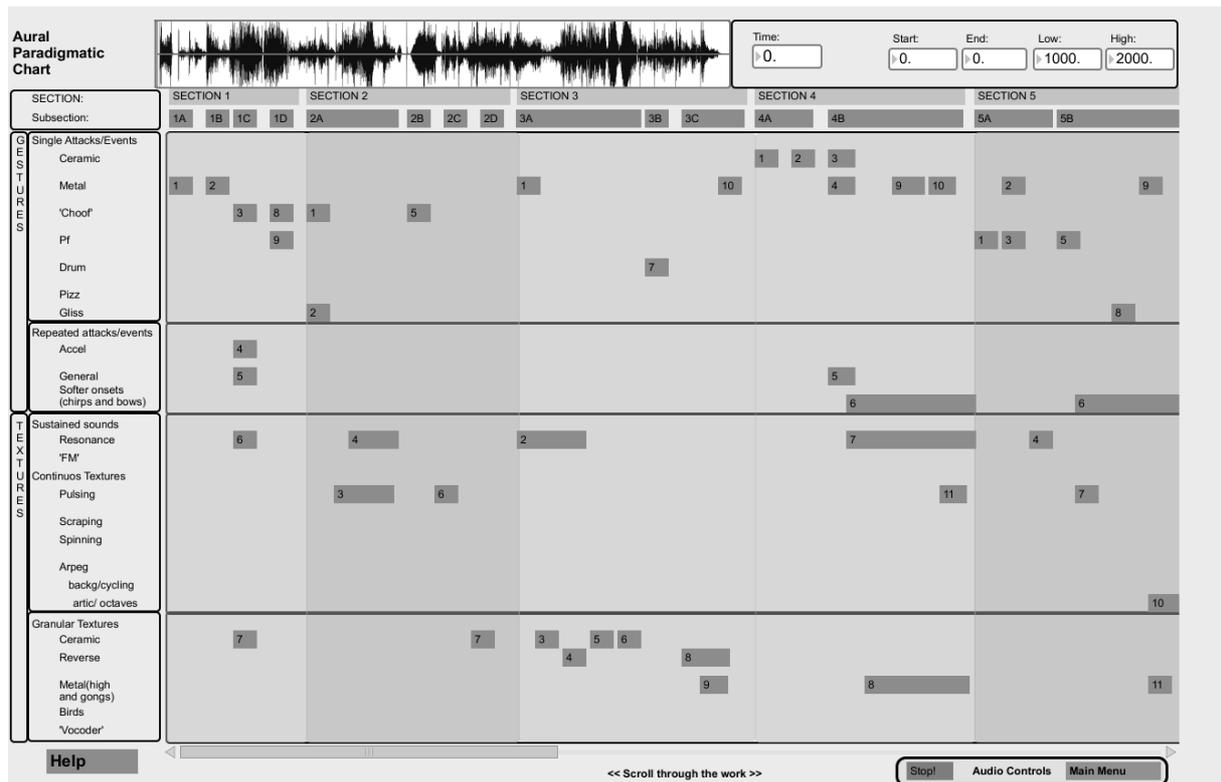


Figure 3 : une des parties de IAA, la représentation paradigmatique des cellules de l'œuvre *Wind Chimes* de Denis Smalley

Wind Chimes: an aural taxonomy

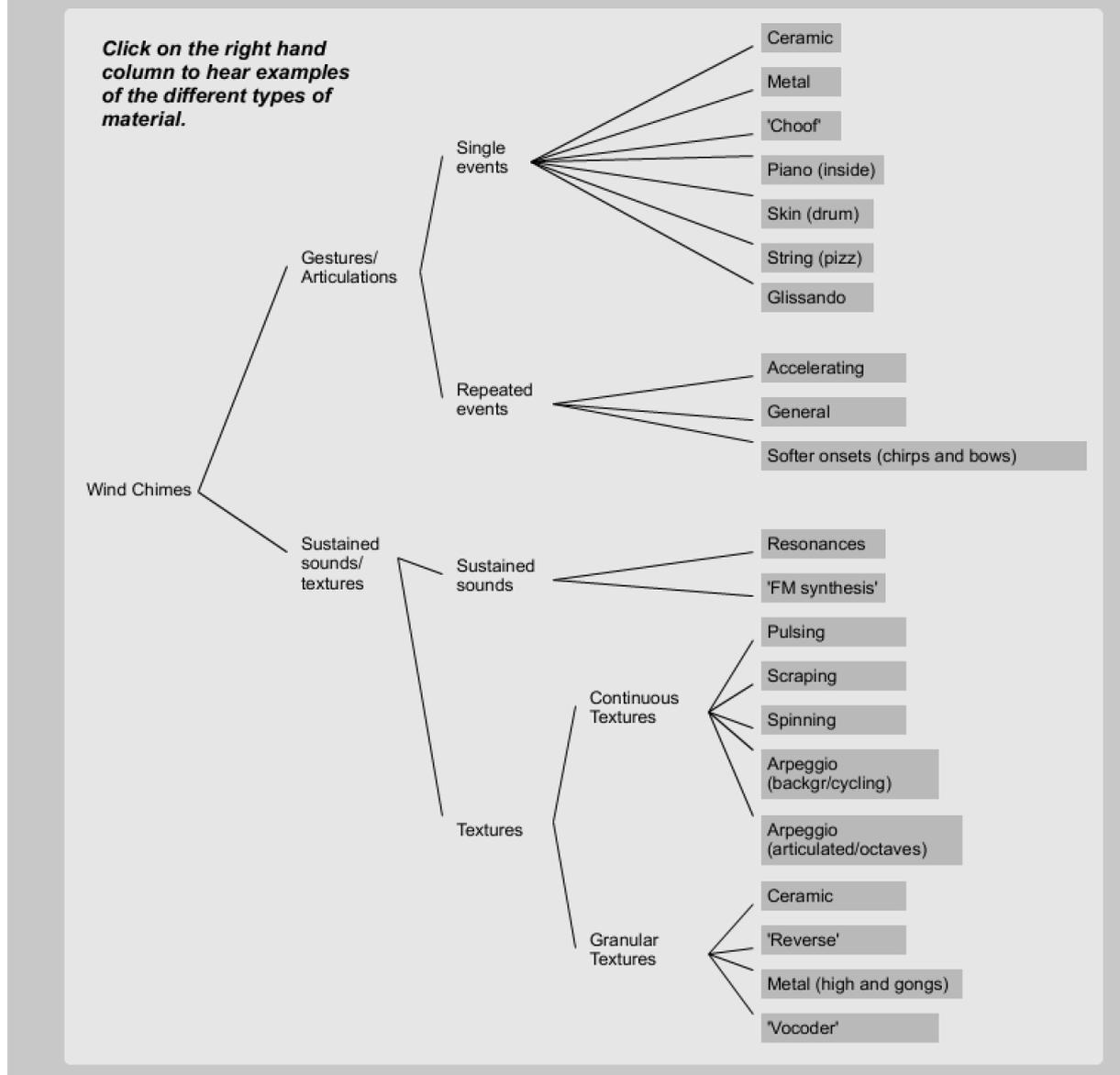


Figure 4 : une des parties de IAA, la classification des cellules de l'œuvre *Wind Chimes* de Denis Smalley

4.3.2 Le projet EAnalysis

Créé pour l'Université De Montfort de Leicester, EAnalysis²⁶ permet de juxtaposer ou superposer plusieurs représentations du son ou de la musique afin de faciliter l'analyse des œuvres non écrites. Contrairement à IAA, ce logiciel permet d'analyser tous types de fichiers audiovisuels et d'importer des données diverses comme, par exemple, des listes de valeurs ou les pages d'une partition.

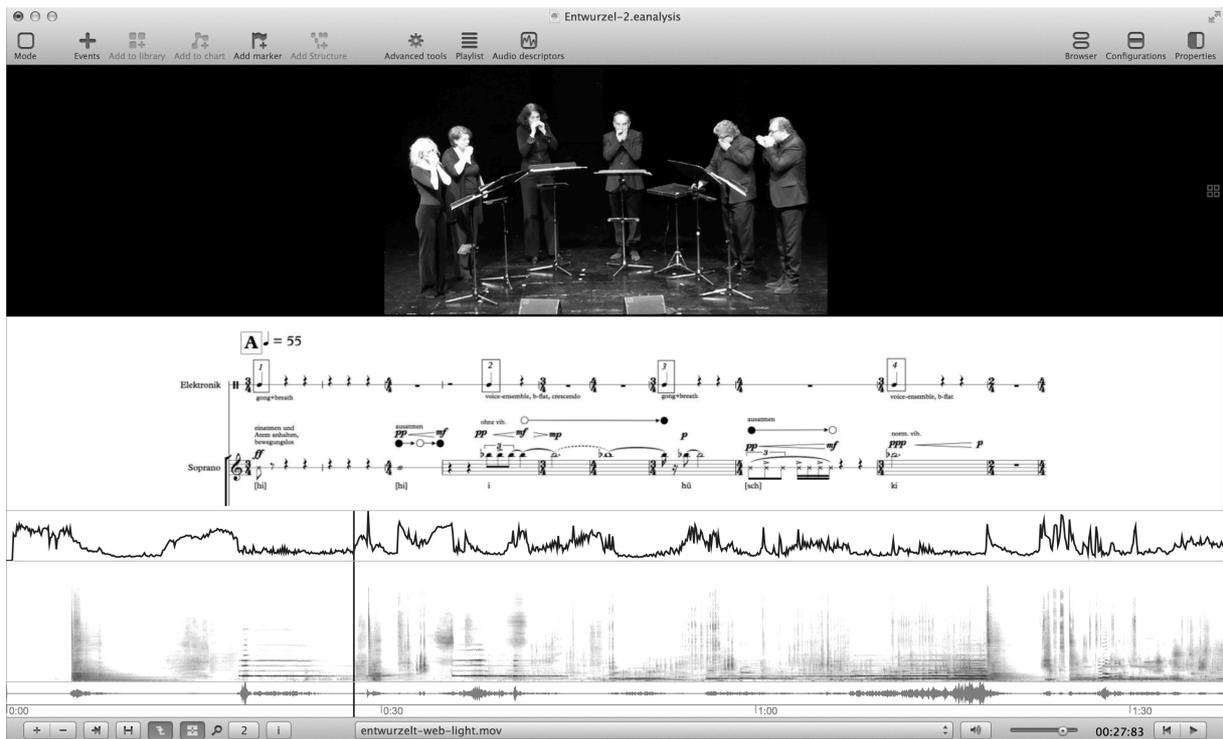


Figure 5 : représentation de deux versions de *Entwurzelt* de Hans Tutschku (2007) pour six chanteurs et électronique réalisée avec EAnalysis. De haut en bas : la vidéo de la création, un extrait de la partition, une courbe de descripteur audio, le sonagramme et la forme d'onde.

²⁶ Pierre Couprie, « EAnalysis : aide à l'analyse de la musique électroacoustique », dans *Journées d'Informatique Musicale*, Mons, 2012, pp. 183-189.

La figure 5 représente un exemple d'analyse réalisée sur l'œuvre *Entwurzelt* du compositeur Hans Tutschku. Cette figure juxtapose quatre types de représentations dans cinq vues différentes (du haut vers le bas) :

1. la vidéo de la création ;
2. un extrait de la partition ;
3. une analyse de la brillance²⁷ réalisée avec le logiciel Sonic Visualiser ;
4. le sonagramme et la forme d'onde.

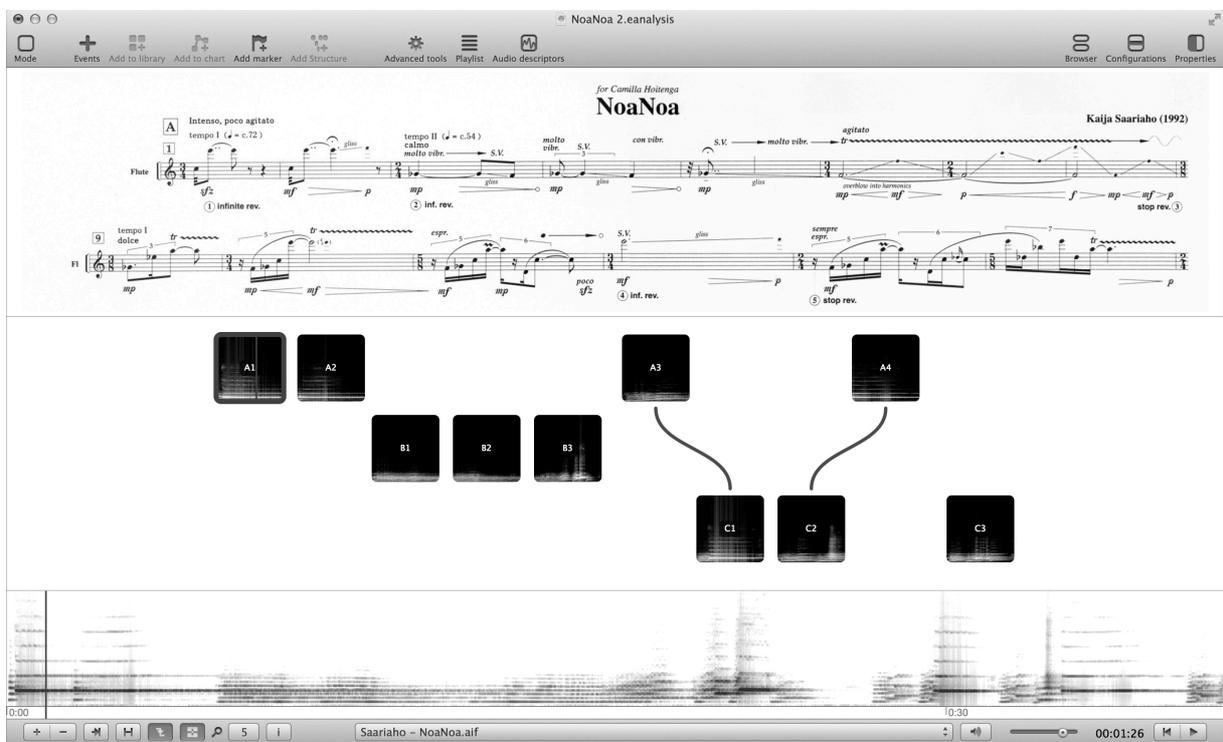


Figure 6 : représentation paradigmatique d'un extrait de *NoaNoa* de Kaija Saariaho pour flûte et électronique. De haut en bas : un extrait de la partition, un tableau paradigmatique et le sonagramme.

²⁷ La brillance (*centroid spectral*) est un descripteur audio permettant d'analyser le barycentre spectral.

La juxtaposition de ces différentes représentations permet de naviguer facilement dans l'œuvre. Il est aussi possible d'importer les données de plusieurs œuvres afin de réaliser des analyses comparatives et de créer des représentations graphiques à la manière de l'Acousmographe.

La figure 6 montre l'usage de la vue en carte permettant d'extraire des fragments du fichier audio et de les représenter sous la forme de blocs afin de créer, comme ici, un tableau paradigmatique.

Comme je viens de l'exposer, EAnalysis apporte de nouvelles possibilités dans le domaine de la représentation musicale adaptées à l'expérimentation analytique et à l'étude des œuvres mixtes.

Conclusion

Les formes actuelles de création musicale dans le domaine de la musique mixte et les recherches récentes en archivage numérique ont permis d'entrevoir de nouveaux champs dans l'analyse des musiques électroacoustiques. Tournés vers l'analyse de la performance, vers le développement de représentations musicales ou vers l'étude de données jusqu'alors peu analysées, ces axes de recherche nécessitent une réflexion approfondie sur les outils numériques. De nouveaux outils sont nécessaires et ne peuvent être développés que dans un cadre musicologique. A l'image d'IAA et d'EAnalysis, ces outils vont permettre d'étudier des aspects encore inexplorés des œuvres numériques et proposer de nouvelles méthodes d'investigation.

Références

Bruno Bachimont, « La présence de l'archive : réinventer et justifier », *Intellectica*, n°53, p. 281-309.

Karim Barkati, Alain Bonardi, Antoine Vincent et Francis Rousseaux, « GAMELA : A Knowledge Approach for Digital Audio Production Workflows », dans *Artificial Intelligence for Knowledge Management*, Montpellier, Ifip, 2012, p. 75-80.

Olivier Baudoin, *Pionniers de la musique numérique*, Paris, Delatour, 2012.

Jean Baudrillard, *Simulacres et simulation*, Paris, Galilée, 1981.

Michael Clarke, « Analysing Electroacoustic Music: an Interactive Aural Approach », *Music Analysis*, 31, p. 347-380.

Pierre Couprie, « EAnalysis : aide à l'analyse de la musique électroacoustique », dans *Journées d'Informatique Musicale*, Mons, 2012, pp. 183-189.

Pierre Couprie, « La représentation graphique : un outil d'analyse et de publication de la musique électroacoustique », *Doce Notas, L'analyse de la musique*, n° 19-20, Madrid, 2009, pp. 349-356.

Pierre Couprie, « (Re)Presenting Electroacoustic Music », *Organised Sound*, vol. 11, n° 2, Cambridge, Cambridge University Press, 2006, pp. 119-124.

Gérard Genette, *L'œuvre de l'art*, Paris, Seuil, 2010(1997).

Philippe Lalitte, « Du son au sens : vers une approche sub-symbolique de l'analyse musicale assistée par ordinateur », *Musurgia*, n°18, vol. 2, p. 99-116.

Leigh Landy, *Understanding the Art of Sound Organization*, Cambridge, MIT Press, 2007.

Marie-Noëlle Masson (dir.), *L'interprétation musicale*, Paris, Delatour, 2012.

Pierre Steiner, « Philosophie, technologie et cognition. Etat des lieux et perspectives », *Intellectica*, n°53, p. 7-40.