



**HAL**  
open science

## Le développement d'un outil d'aide à l'analyse musicale : bilan et perspectives musicologiques

Pierre Couprie

### ► To cite this version:

Pierre Couprie. Le développement d'un outil d'aide à l'analyse musicale : bilan et perspectives musicologiques. Nicolas Marty. Musiques électroacoustiques. Analyses – Écoutes, Delatour, pp.157-169, 2016, Musiques électroacoustiques. Analyses – Écoutes. hal-01264216

**HAL Id: hal-01264216**

**<https://hal.science/hal-01264216>**

Submitted on 2 Jan 2017

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License

# LE DEVELOPPEMENT D'UN OUTIL D'AIDE A L'ANALYSE MUSICALE : BILAN ET PERSPECTIVES MUSICOLOGIQUES

Pierre COUPRIE\*

« C'est là le trait permanent d'une recherche interdisciplinaire, de prendre son bien où elle le peut, mais de se trouver constamment en porte à faux entre des niveaux et des natures relevant de compétences différentes. »

## Introduction

Le développement du logiciel EAnalysis<sup>2</sup> au sein du projet *New multimedia tools for electroacoustic music analysis* a duré trois années d'octobre 2010 à septembre 2013. Toutefois, l'idée d'un logiciel d'aide à l'analyse de la musique électroacoustique remonte au début des années 2000 durant l'écriture de notre thèse de doctorat. Nous souhaitons accompagner notre travail de recherche sur l'analyse et la représentation de la musique électroacoustique d'un logiciel permettant de faciliter le travail du musicologue. Ce premier projet n'a finalement pas été réalisé. Entre temps, nos activités pédagogiques nous ont amené à développer un autre logiciel pour l'aide à la présentation d'analyses d'œuvres instrumentales : iAnalyse. Celui-ci était conçu comme un diaporama dans lequel l'ensemble des éléments graphiques – des diapositives aux dessins d'annotations – était synchronisé sur le déroulement temporel d'un média audiovisuel. À la fin 2009, avec Leigh Landy, nous avons réfléchi à la possibilité d'adapter iAnalyse pour la musique électroacoustique – nous avons déjà commencé à expérimenter l'ajout de fonctions spécifiques pour les musiques de support sous la forme d'une maquette<sup>3</sup>. Avec Leigh Landy, nous avons alors imaginé un logiciel couvrant un champ d'applications assez vaste allant de l'analyse des musiques de studio à l'étude de l'interprétation électroacoustique, intégrant plusieurs profils utilisateurs ainsi que des fonctions assez élaborées jusqu'à l'automatisation de certaines actions du musicologue. Une des hypothèses de travail était de faire un développement sous la forme de plugins pour le logiciel Acousmographie. Toutefois, la différence de conception entre iAnalyse et l'Acousmographie ainsi que le cadre réducteur de la réalisation d'un plugin nous a fait préférer le

---

\* Université Paris-Sorbonne, Institut de Recherche en Musicologie (IReMus).

<sup>1</sup> Pierre SCHAEFFER, *Traité des objets musicaux*, Paris, Seuil, 1966, p. 292.

<sup>2</sup> Pour une présentation détaillée du logiciel, voir : Pierre COUPRIE, « EAnalysis : aide à l'analyse de la musique électroacoustique », in *Journées d'Informatique Musicale*, Mons, Numediart, 2012, p. 183–189 ; Pierre COUPRIE, « Représentations analytiques avancées avec EAnalysis », in *Journées d'informatique musicale*, Montréal, Université de Montréal, 2015, en préparation.

<sup>3</sup> Pierre COUPRIE, « Analyser la musique électroacoustique avec le logiciel iAnalyse », in *Electroacoustic Music Studies Network International Conference*, Université Paris-Sorbonne/INA-GRM, 2008, en ligne : <http://www.ems-network.org/ems08/papers/couprie.pdf>.

développement d'un logiciel autonome. Cette idée convenait parfaitement au cadre du projet *New multimedia tools for electroacoustic music analysis* et nous permettait de tester un certain nombre d'hypothèses sans se préoccuper des limites musicologiques et technologiques.

Le projet *New multimedia tools for electroacoustic music analysis* nous a permis de travailler avec Simon Emmerson, Leigh Landy et Mike Gatt autour d'une idée ambitieuse : développer des outils permettant une meilleure compréhension de la musique électroacoustique. Trois réalisations ont vu le jour : le logiciel EAnalysis, le site web OREMA<sup>4</sup> et la revue eOREMA<sup>5</sup>. Ces deux dernières réalisations ont été créées par Mike Gatt. Afin d'accompagner ces développements et permettre une réflexion approfondie sur l'analyse de ce genre musical, Simon Emmerson et Leigh Landy ont organisé quatre journées d'étude<sup>6</sup> et dirigé l'écriture d'un ouvrage collectif<sup>7</sup>.

L'objectif de cet article est de faire un bilan sur le développement d'EAnalysis durant les trois années du projet. Cette aventure nous a permis de confirmer certaines idées – comme la nécessité de créer des outils spécifiques pour l'analyse musicale –, d'en développer d'autres – comme le lien essentiel entre la technologie et l'analyse musicale pour l'avenir de la recherche en électroacoustique – mais aussi de bouleverser certaines de nos conceptions sur l'analyse musicale et notamment sur la notion de segmentation. Cet article allie donc technologies, théories et méthodes dans le domaine de l'analyse des musiques électroacoustiques à travers trois étapes : le contexte musicologique et technologique, le développement proprement dit avec la mise en algorithmes des processus d'analyse et les perspectives qui vont permettre de faire évoluer le projet. Cette dernière étape est déjà bien entamée au moment de l'écriture de cet article au début 2015 puisque le développement d'EAnalysis se poursuit et certaines idées évoquées avec Leigh Landy en 2009, puis laissées de côté durant le projet, commencent à être envisagées pour de futurs développements.

## 1. Les contextes musicologique et technologique

### Un large corpus

Le point de départ était double : couvrir un large corpus et des usages analytiques différents. Le second point sera présenté dans la partie suivante. Le corpus de la musique électroacoustique n'a cessé de se développer en occupant des champs

---

<sup>4</sup> OREMA pour *Online Repository for Electroacoustic Music Analysis* : <http://www.orema.dmu.ac.uk>.

<sup>5</sup> [http://www.orema.dmu.ac.uk/?q=eorema\\_journal](http://www.orema.dmu.ac.uk/?q=eorema_journal).

<sup>6</sup> Ces quatre journées d'étude sont disponibles en vidéos sur le site d'OREMA : 1. *What do we want from analysis of electroacoustic music and how might we get it?* ; 2. *Extending analysis: emotion, brain, computation* ; 3. *Analysis: application, workshop, discussion* ; 4. *Building communities, changing needs, ongoing work*.

<sup>7</sup> Simon EMMERSON et Leigh LANDY, *Expanding the Horizon of Electroacoustic Music Analysis*, Cambridge, Cambridge University Press, en préparation.

esthétiques de plus en plus différenciés et en créant des ponts vers d'autres pratiques artistiques. Leigh Landy regroupe l'ensemble de ces pratiques sous le terme de musique de sons<sup>8</sup> (*sound-based music*) ; le son devient l'unité de référence en opposition à la note aussi bien pour la pratique artistique que pour les recherches musicologiques qui s'y rapportent. EAnalysis est donc un outil conçu pour une analyse musicale qui se base sur l'étude du son au sens large. Le son est un phénomène éphémère que la musicologie a depuis longtemps cherché à visualiser à l'aide des représentations de la forme d'onde et des différents types de sonagrammes. Visualiser facilite la mémorisation et permet l'écoute instrumentée. Toutefois, EAnalysis ne s'est pas contenté d'être un logiciel d'écoute instrumentée, mais nous avons aussi cherché à en faire un véritable assistant pour le musicologue.

Le corpus de la musique de sons couvre tous les champs de la musique électroacoustique mais aussi du *sound art*, des musiques acoustiques basées sur le son, des arts mêlant recherche sur le son et sur l'image, des pratiques basées sur la performance sonore, etc. C'est sur l'étude de ce corpus que le logiciel s'appuie pour proposer un ensemble d'outils avancés de visualisation, de transcription et de représentation afin de répondre à des usages musicologiques variés.

### **Théories et méthodes**

L'enjeu principal de la réalisation d'EAnalysis répond à une idée assez simple mais ambitieuse : imaginer l'avenir de l'analyse de la musique électroacoustique. Contrairement à ce que Roy avance en 2003<sup>9</sup>, ce domaine a connu de nombreux développements à partir des années 1970. Dans la figure 1, nous avons synthétisé les principales théories<sup>10</sup> qui ont été élaborées par les compositeurs pour la composition, l'interprétation ou l'analyse musicale. Nous voyons que de nombreuses théories sont positionnées par leurs auteurs en référence aux travaux historiques de Schaeffer. Toutefois, elles ont toutes cherché à sortir du carcan de l'écoute réduite en s'inspirant de différents domaines scientifiques représentés dans des ellipses. Nous avons déjà évoqué la dissolution du concept d'objet sonore<sup>11</sup> dans la recherche musicologique qui va de pair avec l'abandon de la pratique de l'écoute réduite dans une grande partie de ces théories. Certains liens apparaissent en traits pleins pour montrer une filiation ou un lien direct, d'autres en pointillés afin de mettre en évidence des liens plus faibles.

---

<sup>8</sup> Leigh LANDY, *Understanding the Art of Sound Organization*, Cambridge, MIT Press, 2007, p. 17.

<sup>9</sup> Stéphane ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques : modèles et propositions*, Paris, L'Harmattan, 2003, p. 339.

<sup>10</sup> Nous avons choisi de ne présenter que les théories les plus couramment employées en analyse musicale ou qui ont eu une influence importante dans l'évolution de la recherche.

<sup>11</sup> Pierre COUPRIE, « L'objet sonore est-il encore un concept utile pour l'analyse de la musique électroacoustique ? », in *Corpus et méthodes : traductions théoriques de l'hétérogénéité musicale*, Paris, Delatour, en préparation.

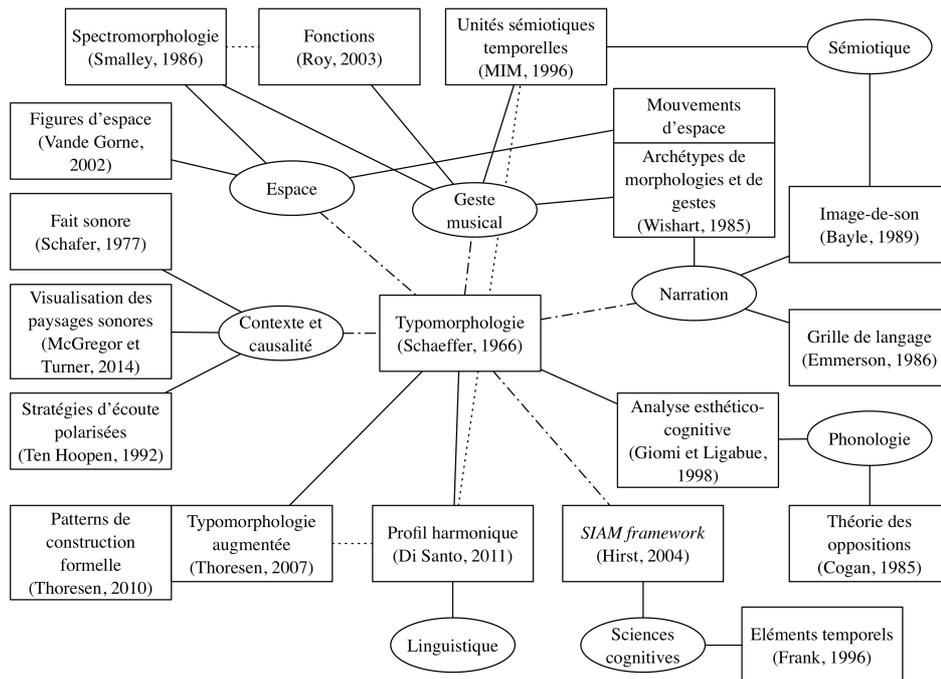


Figure 1. Synthèse des principales théories sur la composition, l'interprétation et l'analyse des musiques électroacoustiques.

En accompagnement de ces théories, il convient de lister les méthodes qui les utilisent. Elles peuvent se décliner en deux tendances :

1. les méthodes fondées sur la perception auditive du support audio : l'analyse et la transcription morphologique ou fonctionnelle, les conduites d'écoute<sup>12</sup>, l'*interactive aural analysis*<sup>13</sup> (IAA), le *framework* SIAM<sup>14</sup>, l'analyse de l'interprétation, *something to hold on to factor*<sup>15</sup> ;
2. les méthodes utilisant les sources de la création rendue disponibles par le compositeur : l'analyse des processus créateurs<sup>16</sup>, la *faktura*<sup>17</sup>, la recherche-crédation.

<sup>12</sup> François DELALANDE, *Analyser la musique, pourquoi, comment ?*, Paris, INA, 2013.

<sup>13</sup> Michael CLARKE, « Analysing Electroacoustic Music: an Interactive Aural Approach », *Music Analysis*, n°31, 2012, p. 347-380.

<sup>14</sup> *Segregation of sonic objects, horizontal and vertical Integration, Assimilation and Meaning* : David HIRST, « Developing an interactive study score for the analysis of electro-acoustic music », in *Proceedings of Australasian computer music conference*, Brisbane, ACMA, 2005, p. 85-88.

<sup>15</sup> Leigh LANDY, « The "Something to Hold on to Factor" in Timbral Composition », *Contemporary Music Review*, vol. 10, n°2, p. 49-60 ; Rob WEALE, « Discovering How Accessible Electroacoustic Music Can Be: the Intention/Reception project », *Organised Sound*, vol. 11, n°2, 2006, p. 189-200.

<sup>16</sup> Nicolas DONIN, « Vers une musicologie des processus créateurs », *Revue de Musicologie*, vol. 98, n°1, 2012, p. 5-14.

Ces deux tendances sont bien évidemment liées ; un travail sur l'analyse des sources de la création s'accompagne d'une analyse auditive de ces mêmes sources, de même, l'analyse fondée sur la perception auditive s'enrichit souvent des divers documents produits par le compositeur. Toutefois, ces deux tendances sont généralement distinctes et sont introduites par les objectifs analytiques du musicologue.

Le développement d'EAnalysis a donc commencé par la réalisation d'une synthèse sur les théories et méthodes développées par les compositeurs et les musicologues. L'enjeu était ici d'évaluer l'intégration de ces méthodes dans le logiciel sous la forme de bibliothèques d'annotations prêtes à l'emploi ou de modes d'édition calqués sur des pratiques analytiques spécifiques.

### **Flux de travaux et processus en analyse musicale**

Face aux théories et méthodes analytiques, un enjeu technologique commençait à émerger : la prise en compte des flux de travaux dans les processus d'analyse musicale<sup>18</sup>. L'analyse des musiques électroacoustiques peut nécessiter l'utilisation de plusieurs logiciels pour la visualisation du son, l'aide à l'écoute, la création de transcriptions morphologiques ou fonctionnelles, le filtrage de certaines zones du spectre afin de faciliter l'analyse de matériaux complexes, l'extraction d'informations acoustiques comme les descripteurs audio, la création de modélisations formelles de l'œuvre, etc. Les logiciels qui permettent ce type d'actions utilisent des technologies différentes et produisent des documents dans différents formats. Ces derniers sont généralement incompatibles et lors du début du développement d'EAnalysis aucun logiciel ne permettait de réunir différents documents réalisés dans différents logiciels afin de les utiliser ensemble. Un des objectifs technologiques a donc été de faire d'EAnalysis un espace de travail dans lequel l'utilisateur pourrait manipuler plusieurs données provenant de logiciels différents dans la même représentation. Créer un espace de travail demande une analyse détaillée des flux de travaux utilisés dans le processus d'analyse musicale. Ainsi, pour remplir pleinement son rôle le logiciel doit être capable d'importer des données provenant de différents logiciels (dont Pro Tools, Audiosculpt, Acousmographe) dans différents formats (texte, image, audio, vidéo). Une liaison a aussi été développée avec des technologies comme SuperVP<sup>19</sup> ou le plugin LibXtract<sup>20</sup> afin de réaliser des filtrages du fichier audio ou d'extraire des

---

<sup>17</sup> Marc BATTIER, « A Constructivist Approach to the Analysis of Electronic Music and Audio Art - Between Instruments and Faktura », *Organised Sound*, vol. 8, n°3, 2003, p. 249-255 ; Olivier BAUDOIN, « La faktura, "outil conceptuel d'analyse" - Illustration avec *Stria*, de John Chowning », in *Journées d'Informatique Musicale*, Grenoble, ACROE, 2009, p. 77-83.

<sup>18</sup> Pierre COUPRIE, « Analyse de la musique mixte : logiciels, procédures, *workflows* », in B. Bossis, A. Bonardi, P. Couprie, V. Tiffon (éd.) *Analyse de la musique mixte*, Paris, Delatour, en préparation.

<sup>19</sup> SuperVP est une technologie développée à l'Ircam et à la base d'Audiosculpt. EAnalysis utilise ses fonctions de filtrage, l'utilisateur peut ainsi transformer n'importe quelle annotation en zone de filtre sur le spectre.

<sup>20</sup> LibXtract est un plugin développé à l'université Queen Mary qui permet le calcul d'une quarantaine de descripteurs audio.

descripteurs audio. L'ensemble de ces fonctions d'importations ou d'exportations de données et les liens vers des technologies spécifiques font d'EAnalysis un outil unique répondant à de nombreux usages analytiques.

Une des questions importantes qui est apparue dès le début du développement a concerné les transcriptions morphologiques et fonctionnelles. Nous avons réalisé près d'une trentaine de transcriptions depuis la fin des années 1990, elles ont pour la plupart été réalisées avec le logiciel Acousmographe et pour les autres avec des outils de dessin vectoriel. L'usage avancé de ces logiciels nous a progressivement amenés à avoir un regard critique sur une pratique qui ne semblait pas avoir évolué depuis les transcriptions pratiquées en linguistique ou en ethnomusicologie. L'apparition du numérique ne les avait en rien renouvelés et n'en offrait finalement qu'une pâle adaptation. De plus, certains outils de transcriptions ne contenaient même pas les outils standards que l'on peut trouver dans n'importe quel logiciel de dessin vectoriel. Parallèlement à l'étude des flux de travaux musicologiques, nous avons donc étudié les actions mises en œuvre lors de la réalisation d'une transcription (figure 2). Il s'est rapidement avéré qu'elles étaient organisées autour de l'idée de boucle et de transfert. Transcrire revient à faire un aller-retour constant entre différentes représentations du signal et un repérage de saillances et de prégnances<sup>21</sup> à l'aide de formes graphiques, de textes ou d'images. Pour être efficace, cet aller-retour nécessite de pouvoir s'appuyer sur des représentations offrant différents points de vue sur les caractéristiques spectromorphologiques du matériau. De plus, l'étape de repérage doit pouvoir gérer des étapes intermédiaires, voire des esquisses qui ne prennent leurs formes définitives que lors de l'étape finale de l'analyse. Geslin et Sprenger-Ohana ont montré cet usage<sup>22</sup> à partir d'une transcription de *L'oiseau moqueur* de François Bayle. Il faut donc pouvoir transférer les informations d'un type d'annotation vers un autre sans avoir à refaire la transcription. Ce transfert que nous avons déjà présenté en 2008<sup>23</sup> peut être automatisé, EAnalysis intègre une première réalisation concrète qui se présente sous la forme d'une feuille de style associée à des mots-clés accompagnant chacune des annotations. La réalisation technique de cet exemple est bien évidemment loin d'être parfaite, mais il préfigure peut-être ce que seront les futurs outils d'aide à l'analyse.

---

<sup>21</sup> François BAYLE, *Musique acousmatique propositions... ..positions*, Paris, INA-GRM/Buchet Chastel, 1993, p. 87.

<sup>22</sup> Yann GESLIN et Noémie SPRENGER-OHANA, « Abstraction et symbolisation dans la représentation des musiques électroacoustiques : un exemple de transcription à niveaux multiples de *L'oiseau moqueur* réalisé à l'aide de l'Acousmographe », in *Electroacoustic Music Studies Network*, Paris, Université Paris-Sorbonne/INA-GRM, 2008, en ligne : <http://www.ems-network.org/ems08/papers/geslin-sprenger-ohana.pdf>.

<sup>23</sup> Pierre COUPRIE, « Analyser la musique électroacoustique avec le logiciel iAnalyse », in *Electroacoustic Music Studies Network International Conference*, Université Paris-Sorbonne/INA-GRM, 2008, en ligne : <http://www.ems-network.org/ems08/papers/couprrie.pdf>.

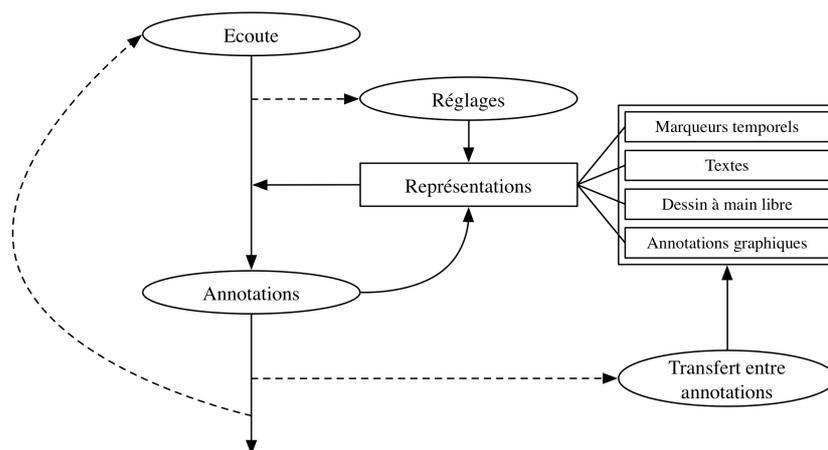


Figure 2. Un exemple d'actions mises en œuvre lors de la réalisation d'une transcription morphologique. Les lignes en pointillés représentent des actions optionnelles.

## 2. De l'analyse musicale au développement informatique

Face aux recherches musicologiques et à l'étude des processus mis en jeu en analyse musicale, le développement d'un logiciel nécessite bien souvent de faire des choix. Ces choix, qui ne sont pas toujours compris par la communauté des utilisateurs, dépendent de contraintes techniques et scientifiques. Les contraintes techniques sont les plus frustrantes : par exemple, les choix en matière d'architecture logicielle excluent certains types d'usages. Créer un logiciel qui pourrait répondre à tous les usages dans un domaine particulier est un vieux rêve irréalisable. De plus, la durée du projet limitée à trois années a nécessité de s'appuyer sur des développements précédents et sur des technologies déjà existantes<sup>24</sup> au risque qu'elles ne soient pas complètement adaptées au projet. Les contraintes scientifiques dépendent quant à elles du domaine de recherche. EAnalysis est un logiciel permettant de travailler avec les représentations qu'il propose ou des représentations créées par les utilisateurs. Ce champ bien spécifique ne prend donc pas en compte certaines recherches comme celles axées sur une étude littéraire des œuvres ou sur des pratiques d'analyse génétique.

### Concevoir une architecture logicielle

Des premières maquettes conçues au début de l'année 2011 à la version 1.1.3 en novembre 2014, l'architecture du logiciel a subi plusieurs évolutions. Les maquettes ont permis d'évaluer des gestes utilisateurs et des processus dans la gestion des données créées par le logiciel ou importées. Une architecture en étoile

<sup>24</sup> Le code d'EAnalysis est basé sur celui d'iAnalyse que nous avons commencé à développer en 2009 pour la version 4. De même, le calcul du sonagramme est réalisé grâce à SoX (<http://sox.sourceforge.net>). SoX nous a permis d'avancer rapidement dans le développement même si les paramètres de calcul du sonagramme ne sont pas aussi détaillés que nous l'aurions souhaité.

a progressivement émergé. Elle permettait de lier plusieurs vues (représentations) au même contrôleur de vue (lien entre l'interface et le code). De plus, le développement de nouvelles vues et de nouvelles fonctions était alors facilité. Ce choix s'est avéré être parfaitement adapté au projet, il a permis de faire évoluer l'interface et le code avec beaucoup de souplesse. Ainsi, les versions 0.8 et 1.1 résultent de profonds changements dans de nombreuses parties du code et de l'interface utilisateur. Les modifications apportées à la version 0.8 ont permis d'améliorer l'interface des différentes fenêtres et de stabiliser l'architecture des fichiers créés par le logiciel en apportant de nombreuses adaptations. Les changements dans la version 1.1 ont permis de réorganiser les différentes vues en les regroupant en quatre types principaux : temporelle, structure, carte et vidéo. La vue temporelle est alors devenue la vue principale dans laquelle sont regroupés les différents éléments graphiques par niveaux (figure 3) :

- arrière-plan : couleur, image, forme d'onde, sonagramme simple ou multiple, sonagramme différentiel<sup>25</sup>, matrice de similarité<sup>26</sup> ;
- graphiques : simple, complexe, en nuage de points, corrélation, matrice de similarité ;
- annotations graphiques ;
- marqueurs temporels ;
- tête de lecture ;
- habillage : nom et couleur de la vue, nom de la piste audio associée.

Les autres types de vues ont une structure plus simple et ne permettent pas d'ajouter des annotations.

### **Imaginer de nouveaux usages**

Un des premiers objectifs que nous nous étions fixés était d'explorer de nouvelles formes de représentations. Le logiciel devrait donc être conçu comme un laboratoire dans lequel nous pourrions expérimenter différentes formes de représentations et ne conserver que les plus pertinentes. L'architecture en niveaux des vues nous a permis ces expérimentations en ajoutant ou en modifiant des niveaux à volonté. Il nous a aussi fallu explorer des champs de recherche comme ceux du design graphique<sup>27</sup> afin de travailler le rendu des couleurs et optimiser l'aspect des représentations de données.

---

<sup>25</sup> Jean-Marc CHOUVEL, Jean BRESSON et Carlos AGON, « L'analyse musicale différentielle : principes, représentation et application à l'analyse de l'interprétation », in *Electroacoustic Music Studies Network*, Leicester, De Montfort University, 2007, en ligne : <http://www.ems-network.org/IMG/JMChouvelEMS07/index.html>.

<sup>26</sup> Laura ZATTRA et Nicola ORIO, « ACAME - Analyse Comparative Automatique de la musique électroacoustique », *Musimédiane*, n°4, 2006, en ligne : <http://www.musimediane.com/numero4/LZattra/index.html>.

<sup>27</sup> Colin WARE, *Information visualization perception for design*, Oxford, Morgan Kaufmann, 2013.

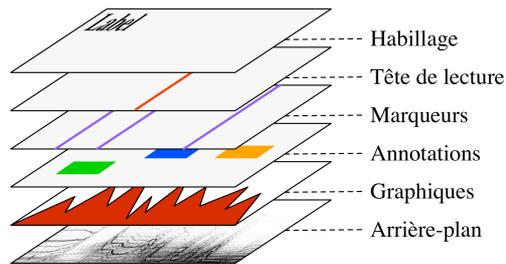


Figure 3. L'architecture de la vue temporelle.

Deux directions qui n'avaient pas été envisagées lors du démarrage du projet se sont avérées être particulièrement fructueuses : la visualisation des descripteurs audio (figure 4) et la représentation des structures linéaires (figure 5).

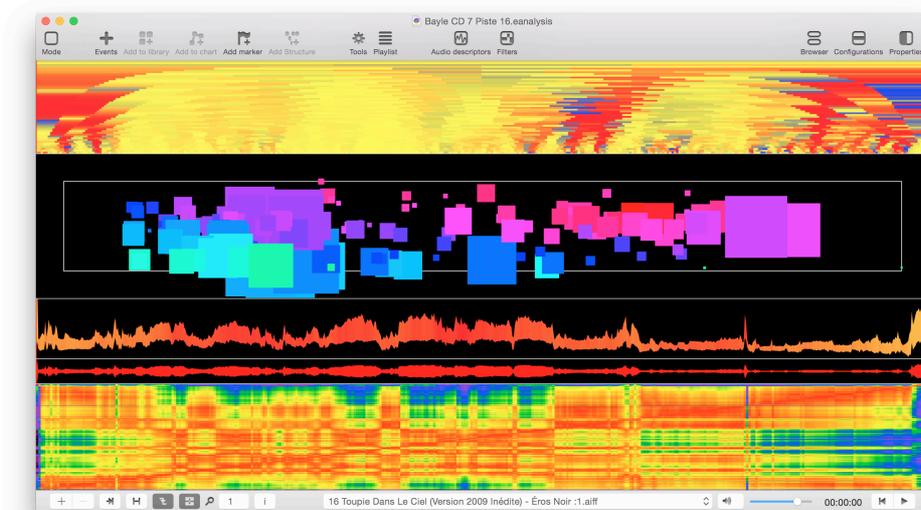


Figure 4. Cinq types de représentations des descripteurs audio à partir de « Eros noir 1 » extrait de *Toupié Dans Le Ciel* de François Bayle (de haut en bas) : corrélation hiérarchique, nuage de points, BSTd, simple miroir, matrice de similarité.

Les descripteurs audio ont été développés pour l'étude de larges bases de fichiers numériques<sup>28</sup>. Ils aident à la caractérisation, la classification et la reconnaissance automatique des voix, des instruments de musique ou, plus généralement, des timbres. Ils commencent à être utilisés en analyse musicale afin d'étudier l'évolution de l'intensité, du spectre, de la granulosité ou du timbre sonore. Pour le musicologue, une des principales difficultés est de créer des représentations qui permettent leur interprétation. Nous avons donc implémenté différents types de

<sup>28</sup> Alexander LERCH, *An Introduction to Audio Content Analysis. Applications in Signal Processing and Music Informatics*, Hoboken, Wiley, 2012, p. 1-3.

visualisations de données : graphique simple ou en nuage de point, matrice de similarité, BStD<sup>29</sup>, corrélation hiérarchique<sup>30</sup>.

Nous avons aussi ajouté une vue permettant de représenter les structures linéaires basées sur une segmentation simple du matériau (figure 5) : représentation linéaire, diagramme formel, patterns en arc diagrammes et matrice de similarité. Cette première étape nous permet d'envisager des modes de représentation plus complexes et mieux adaptés aux structures polysémiques<sup>31</sup> caractéristiques de la création contemporaine.

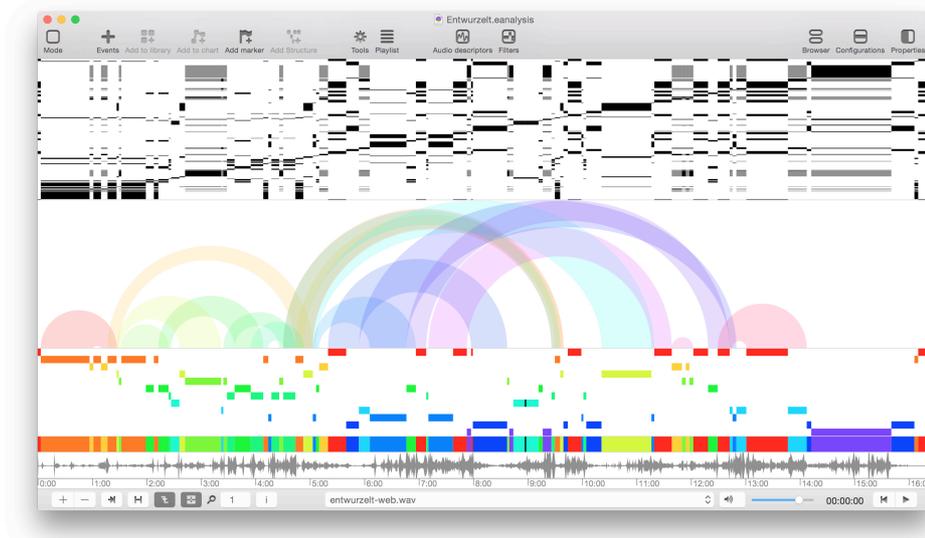


Figure 5. Quatre types de représentations des structures linéaires à partir de *Entwurzel* d'Hans Tutschku (de haut en bas) : matrice de similarité, diagramme en arc, diagramme formel, linéaire simple (couleur en fonction du titre).

### 3. Bilan et perspectives

Revenons à notre objectif premier et tentons d'esquisser un bilan sur cette aventure. Comme bien des projets de cette envergure, le développement d'EAnalysis a été bien plus complexe que nous l'avions envisagé. Toutefois, la variété des champs de recherche sur lesquels nous avons dû nous appuyer a permis un enrichissement de nos recherches tant sur le plan technologique que sur

<sup>29</sup> Mikhail MALT et Emmanuel JOURDAN, « Le “bstd” – une représentation graphique de la brillance et de l'écart type spectral, comme possible représentation de l'évolution du timbre sonore », in X. Hascher, M. Ayari, J.M. Bardez (éd.) *L'analyse musicale aujourd'hui*, Paris, Delatour, 2015, p. 111-128.

<sup>30</sup> COLLECTIF, *Hierarchical Correlation Plots*, Londres, King's College, 2009, en ligne : <http://www.mazurka.org.uk/ana/timescape/>.

<sup>31</sup> Jean-Marc CHOUVEL, « Polyphonie/polysémie. Comment aborder la multidimensionnalité du temps musical ? », in J.M. Chouvel et F. Lévy (éd.) *Peut-on parler d'art avec les outils de la science ?*, Paris, L'Harmattan/Ircam, 2002, p. 287.

celui de la musicologie. Au début de l'année 2015, le logiciel a été téléchargé plus de 3200 fois avec plus de 1200 enregistrements ce qui laisse entendre qu'une réelle communauté d'utilisateurs s'est progressivement constituée. Les représentations réalisées avec EAnalysis commencent aussi à faire leur apparition sur les sites de partage vidéo ainsi que dans des publications scientifiques.

Le début de l'année 2015 marque la fin du développement d'EAnalysis, mais aussi le début de nouveaux projets. Lors de nos premières réflexions, nous avons envisagé d'intégrer des fonctions ouvrant le logiciel sur l'analyse de la performance. Nous avons ainsi tenté d'intégrer l'OSC,<sup>32</sup> mais ce projet a vite été abandonné afin de simplifier le code et éviter la dispersion des usages. Toutefois, cette direction de recherche n'a pas été complètement laissée de côté et une ouverture vers l'analyse de la performance en électroacoustique ou vers un lien plus fort entre l'analyse et la création musicale est envisagée très sérieusement. L'avenir d'EAnalysis se situe probablement dans un nouveau projet de développement qui permettra de l'associer à iAnalyse afin de profiter des avancées de ce dernier dans les domaines de l'analyse de la musique instrumentale et de la pédagogie.

Développer un logiciel d'aide à l'analyse musicale ne se limite donc pas à un travail de codage et de *design* d'interface. Il est nécessaire de bien maîtriser les usages dans le domaine de l'analyse et d'étudier précisément les flux de travaux et les processus scientifiques mis en œuvre. La création d'un tel logiciel est donc avant tout une entreprise interdisciplinaire au sens où Schaeffer l'avait déjà imaginé dès les années 1950<sup>33</sup>.

## Références bibliographiques

COLLECTIF, *Les unités sémiotiques temporelles*, Paris, Eska, 1996.

COLLECTIF, *Hierarchical Correlation Plots*, Londres, King's College, 2009, en ligne : <http://www.mazurka.org.uk/ana/timescape/>.

BATTIER, Marc, « A Constructivist Approach to the Analysis of Electronic Music and Audio Art - Between Instruments and Faktura », *Organised Sound*, vol. 8, n°3, 2003, p. 249-255.

BAUDOIN, Olivier, « La faktura, "outil conceptuel d'analyse" - Illustration avec Stria, de John Chowning », in *Journées d'Informatique Musicale*, Grenoble, ACROE, 2009, p. 77-83.

BAYLE, François, *Musique acousmatique propositions... ..positions*, Paris, INA-GRM/Buchet Chastel, 1993.

---

<sup>32</sup> L'OSC (*Open Sound Control*) est un protocole de communication développé au *Center For New Music and Audio Technology* (CNMAT) de l'université de Berkeley. Il permet la communication entre des appareils via le réseau. Il est désormais intégré à de nombreux contrôleurs et logiciels musicaux dans lesquels il remplace le MIDI.

<sup>33</sup> Pierre SCHAEFFER, *op. cit.* p. 12-13.

CHOUVEL, Jean-Marc, « Polyphonie/polysémie. Comment aborder la multidimensionnalité du temps musical ? », in J.M. Chouvel et F. Lévy (éd.) *Peut-on parler d'art avec les outils de la science ?*, Paris, L'Harmattan/Ircam, 2002, p. 287-309.

CHOUVEL, Jean-Marc, BRESSON, Jean, AGON, Carlos, « L'analyse musicale différentielle : principes, représentation et application à l'analyse de l'interprétation », in *Electroacoustic Music Studies Network*, Leicester, De Montfort University, 2007, en ligne : <http://www.ems-network.org/IMG/JMChouvelEMS07/index.html>.

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

COGAN, Robert, *New Images of Musical Sound*, Cambridge, Harvard University Press, 1984.

COUPRIE, Pierre, « Analyser la musique électroacoustique avec le logiciel iAnalyse », in *Electroacoustic Music Studies Network International Conference*, Université Paris-Sorbonne/INA-GRM, 2008, en ligne : <http://www.ems-network.org/ems08/papers/couprie.pdf>.

COUPRIE, Pierre, « EAnalysis : aide à l'analyse de la musique électroacoustique », in *Journées d'Informatique Musicale*, Mons, Numediart, 2012, p. 183-189.

COUPRIE, Pierre, « Analyse de la musique mixte : logiciels, procédures, workflows », in B. Bossis, A. Bonardi, P. Couprie, V. Tiffon (éd.) *Analyse de la musique mixte*, Paris, Delatour, en préparation.

COUPRIE, Pierre, « L'objet sonore est-il encore un concept utile pour l'analyse de la musique électroacoustique ? », in *Corpus et méthodes : traductions théoriques de l'hétérogénéité musicale*, Paris, Delatour, en préparation.

COUPRIE, Pierre, « Représentations analytiques avancées avec EAnalysis », in *Journées d'informatique musicale*, Montréal, Université de Montréal, 2015, en préparation.

DELALANDE, François, *Analyser la musique, pourquoi, comment ?*, Paris, INA, 2013.

DI SANTO, Jean-Louis, « Harmonic profile: typology and notation », in *Electroacoustic Music Studies Network*, New York, 2011, en ligne : [http://www.ems-network.org/IMG/pdf\\_EMS11\\_di\\_santo.pdf](http://www.ems-network.org/IMG/pdf_EMS11_di_santo.pdf).

EMMERSON, Simon, « The relation of language to materials », in S. Emerson (éd.) *The language of electroacoustic music*, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 1986, p. 17-39.

EMMERSON, Simon, LANDY Leigh, *Expanding the Horizon of Electroacoustic Music Analysis*, Cambridge, Cambridge University Press, en préparation.

FRANCK Robert J, « Temporal Elements: A Cognitive System of Analysis for Electro-Acoustic Music », *Journal SEAMUS*, vol. 15, n°2, 2001, p. 194-197.

GESLIN, Yann, SPRENGER-OHANA, Noémie, « Abstraction et symbolisation dans la représentation des musiques électroacoustiques : un exemple de transcription à niveaux multiples de L'oiseau moqueur réalisé à l'aide de l'Acousmographe », in *Electroacoustic Music Studies Network*, Paris, Université Paris-Sorbonne/INA-GRM, 2008, en ligne : <http://www.ems-network.org/ems08/papers/geslin-sprenger-ohana.pdf>.

GIOMI, Francesco, LIGABUE, Marco, « Understanding electroacoustic music: analysis of narrative strategies in six early compositions », *Organised Sound*, vol. 3, n°1, 1998, p. 45-49.

HIRST, David, « Developing an interactive study score for the analysis of electro-acoustic music », in *Proceedings of Australasian computer music conference*, Brisbane, ACMA, 2005, p. 85-88.

LANDY, Leigh, « The "Something to Hold on to Factor" in Timbral Composition », *Contemporary Music Review*, vol. 10, n°2, 1994, p. 49-60.

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

- LERCH, Alexander, *An Introduction to Audio Content Analysis. Applications in Signal Processing and Music Informatics*, Hoboken, Wiley, 2012.
- MALT, Mikhail, JOURDAN, Emmanuel, « Le “bstd” – une représentation graphique de la brillance et de l'écart type spectral, comme possible représentation de l'évolution du timbre sonore », in X. Hascher, M. Ayari, J.M. Bardez (éd.) *L'analyse musicale aujourd'hui*, Paris, Delatour, 2015, p. 111-128.
- MCGREGOR, Iain, TURNER, Phil, BENYON, David, « Using Participatory Visualisation of Soundscapes to Compare Designers' and Listeners' Experiences of Sound Designs », *Journal of Sonic Studies*, vol. 6, 2014, en ligne : <http://journal.sonicstudies.org/vol06/nr01/a08>.
- ROY, Stéphane, *L'analyse des musiques électroacoustiques : modèles et propositions*, Paris, L'Harmattan, 2003.
- SCHAEFFER, Pierre, *Traité des objets musicaux*, Paris, Seuil, 1966.
- SCHAFER, R. Murray, *Le paysage sonore*, Paris, Wildproject, 3/2010.
- SMALLEY, Denis, « Spectro-morphology and structuring processes », in S. Emmerson (éd.) *The language of electroacoustic music*, Londres, The Macmillan Press, 1986, p. 61-93.
- TEN HOOPEN, Christian, « Polarised listening strategies for electroacoustic music », in R. Dalmonte, M. Baroni (éd.) *Secondo convegno europeo di analisi musicale*, Trento, Université de Trento, 1992, p. 463-470.
- THORESEN, Lasse, « Spectromorphological analysis of sound objects: an adaptation of Pierre Schaeffer's typomorphology », *Organised Sound*, vol. 12, n°2, 2007, p. 129-141.
- THORESEN, Lasse, « Form-Building Patterns and Metaphorical Meaning », *Organised Sound*, vol. 15, n° 2, 2010, p. 82-95.
- VANDE GORNE, Annette, « L'interprétation spatiale. Essai de formalisation méthodologique », *Demeter*, 2002, en ligne : <http://demeter.revue.univ-lille3.fr/interpretation/vandegorne.pdf>.
- WARE, Colin, *Information visualization perception for design*, Oxford, Morgan Kaufmann, 2013.
- WATTENBERG, Martin, « Arc diagrams: visualizing structure in strings », in *IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS)*, Boston, IEEE, 2002, p. 110-116.
- WEALE, Rob, « Discovering How Accessible Electroacoustic Music Can Be: the Intention/Reception project », *Organised Sound*, vol. 11, n°2, 2006, p. 189-200.
- WISHART, Trevor, *On sonic art*, New York, Routledge, 2/1996.
- ZATTRA, Laura, ORIO, Nicola, « ACAME - Analyse Comparative Automatique de la musique électroacoustique », *Musimédiane*, n°4, 2006, en ligne : <http://www.musimediane.com/numero4/LZattra/index.html>.