



**HAL**  
open science

## Improvisation électroacoustique : analyse musicale, étude génétique et perspectives numériques

Pierre Couprie

► **To cite this version:**

Pierre Couprie. Improvisation électroacoustique : analyse musicale, étude génétique et perspectives numériques. *Revue de musicologie*, 2012, 98 (1), pp.149-170. hal-01261200

**HAL Id: hal-01261200**

**<https://hal.science/hal-01261200>**

Submitted on 24 Jan 2016

**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.

# Improvisation électroacoustique : analyse musicale, étude génétique et prospectives numériques

Pierre Couprie

MINT-OMF, Université Paris-Sorbonne / MTIRC, De Monfort University

pierre.couprie@paris-sorbonne.fr

## 1. Introduction

L'improvisation musicale libre est toujours difficile à cerner, tant sur le plan ontologique<sup>1</sup> que sur celui de l'analyse. Mettant en jeu des processus compositionnels synchrones<sup>2</sup> élaborés sur l'instant par un ou plusieurs musiciens, elle semble se jouer des contraintes. Les musiciens se laissent d'ailleurs bien souvent la possibilité de modifier ces dernières au moment même de la performance. Cette caractéristique est probablement ce qui distingue le plus fortement l'improvisation libre de l'improvisation dite idiomatique<sup>3</sup>. La performance, qu'elle soit réalisée à huit-clos lors des répétitions ou en présence du public, participe à sa propre genèse et à celles des performances suivantes. Ainsi, contrairement à l'étude d'une œuvre écrite ou fixée sur support électronique dans laquelle le compositeur réalise hors-temps un travail qui deviendra l'objet d'étude d'une analyse génétique, l'improvisation libre se construit en-temps, pendant la durée des performances. Est-ce à dire que l'étape préparatoire du musicien n'existe pas ? Probablement pas, mais les sources sont alors bien difficiles à réunir et à mettre en perspective avec le moment de la performance. De plus, l'usage de la technologie brouille les pistes, les esquisses numériques (logiciels ou fichiers) sont en perpétuelle mutation jusqu'à aboutir au résultat musical sans que le musicologue ne puisse bénéficier d'un quelconque *versioning*<sup>4</sup>.

L'improvisation électroacoustique existe dès les débuts de la musique concrète à la fin des années 40. Les compositeurs enregistraient alors des séquences jeux souvent improvisées afin de créer des matériaux qu'ils recombinaient ensuite dans leurs œuvres. Depuis la fin des années 90, l'accès facilité aux technologies numériques portables a mis en avant un ensemble de pratiques intégrant l'interactivité, l'improvisation libre et la collaboration avec d'autres formes artistiques. Que les musiciens utilisent un dispositif standard (un ordinateur, une carte son et un contrôleur MIDI) ou un dispositif construit par eux-mêmes (par exemple, en utilisant la plateforme *Arduino*<sup>5</sup>), ils se situent tous à la frontière de l'électroacoustique et explorent plus que jamais les liens entre la création musicale et les autres formes artistiques.

---

<sup>1</sup> Talia Bachir-Loopuyt, Clément Canonne, Pierre Saint-Germier et Barbara Turquier, « Improvisation : usages et transferts d'une catégorie », *Tracé*, 18 (2010), p. 5-20.

<sup>2</sup> Kevin Dahan, « Emergence, enaction et propagation des dimensions temporelles dans les processus compositionnels », *Filigrane*, 10 (2009).

<sup>3</sup> Jacques Siron, « L'improvisation dans le jazz et les musiques contemporaines : l'imparfait du moment présent », in J.J. Nattiez (éd.), *Musiques. Une encyclopédie pour le XXI<sup>e</sup> siècle. L'unité de la musique* (Paris : Actes Sud/Cité de la Musique, 2007, 5), p. 690-711 (en part. p. 700).

<sup>4</sup> Le *versioning* est une activité de programmation qui consiste à conserver les différentes versions d'un développement. Elle peut consister en un simple historique linéaire ou, comme c'est souvent le cas, en une gestion complexe selon une structure arborescente.

<sup>5</sup> *Arduino* est une plateforme permettant de construire facilement des machines électroniques autonomes ou contrôlées par un ordinateur : <http://www.arduino.cc>.

Pour le musicologue, l'étude d'une performance improvisée électroacoustique combine donc plusieurs difficultés : les difficultés liées à l'analyse d'une performance improvisée libre et celles liées à l'analyse de la musique électroacoustique même. Les technologies du son apportent à l'improvisation de nouveaux modes de jeux, une complexité du matériau sonore bien plus grande ou un rapport au geste très différent. Ainsi, l'instrument électroacoustique n'a bien souvent aucune homogénéité car il réunit une profusion de timbres et de modes de jeu dans un dispositif modulaire. De plus, le geste du musicien, souvent déconnecté de sa réalité visuelle ou acoustique, nécessite un apprentissage musical très différent. Le musicologue doit donc étudier ces performances dans une visée prospective. En effet, s'appuyer sur les rares études précédemment réalisées ne suffit pas, le dispositif électroacoustique étant à chaque fois renouvelé et nécessitant une approche analytique différente.

Afin de mettre en évidence ces enjeux, je vais interroger le contexte tant technologique qu'analytique de l'étude de telles improvisations. Une série de performances électroacoustiques improvisées réalisées sur le film *Emak bakia* de Man Ray<sup>6</sup> me serviront d'exemple. Ce film, un cinépoème réalisé en 1926, explore différentes techniques permettant de créer des textures visuelles<sup>7</sup> et des montages rythmiques très proches de l'imaginaire musical. Le collectif Les Phonogénistes<sup>8</sup> a réalisé une dizaine d'improvisations sur ce film entre 1999 et 2007. Cinq de ces performances mettront en évidence la complexité d'une étude génétique et d'une analyse musicale dans ce domaine. Le détail des enregistrements pour chaque musicien n'existe pas, mon analyse portera donc sur la globalité des stratégies musicales et non sur celle de chaque musicien. Après cette analyse, je mettrai en relation analyse et contexte afin d'élaborer un certain nombre de prospectives numériques dans le domaine de l'étude génétique de ce type de performance musicale.

## 2. Le contexte analytique

### 2.1. L'analyse de l'improvisation électroacoustique

De nombreux articles d'analyse ont été publiés dans le domaine de la musique électroacoustique. Souvent axés sur le faire, ils développent des outils et des méthodes héritées des travaux de Pierre Schaeffer<sup>9</sup>. Ainsi, les recherches de Denis Smalley<sup>10</sup> ou de Lasse Thoresen<sup>11</sup> étendent la notion même d'objet sonore afin d'en faire un outil d'analyse extrêmement précis au service du compositeur. Stéphane Roy<sup>12</sup>, quant à lui, a développé un travail dans une direction un peu différente à savoir l'analyse des fonctions musicales. De

---

<sup>6</sup> Le titre *Emak Bakia* est tiré du basque et peut être traduit par « Fichez-moi la paix » ou « Laissez-moi tranquille ».

<sup>7</sup> Ces textures sont réalisées à l'aide de photogrammes, doubles expositions, incrustations, surimpressions, flous artistiques, jeux de miroirs, déformations ou rayures de la pellicule.

<sup>8</sup> Le collectif *Les Phonogénistes* est constitué de trois ou quatre musiciens : Laurence Bouckaert, Pierre Couprie, Jean-Baptiste Favory (présent dans une seule des versions analysées dans cet article) et Francis LAVOR.

<sup>9</sup> Pierre Schaeffer, *Traité des objets musicaux* (Paris, Seuil, 1966).

<sup>10</sup> Denis, Smalley, « Spectromorphologie : explaining sound-shapes », *Organised Sound*, 2-2 (1997), p. 107-126.

<sup>11</sup> Lasse Thoresen, « Spectromorphological analysis of sound objects : an adaptation of Pierre Schaeffer's typomorphology », *Organised Sound*, 12-2 (2007), p. 129-141.

<sup>12</sup> Stéphane Roy, *L'analyse des musiques électroacoustiques : modèles et propositions* (Paris, L'Harmattan, 2003), p. 339-389.

même, les unités sémiotiques temporelles<sup>13</sup> ont intégré différents travaux sur la narrativité. Le domaine de la représentation graphique<sup>14</sup> a aussi permis de développer des outils qui sont progressivement devenus indispensables dans l'analyse de la musique électroacoustique.

Depuis quelques années, les musicologues commencent à s'intéresser à des corpus émergents : les musiques de film<sup>15</sup>, la création multimédia<sup>16</sup>, l'improvisation, la poésie sonore ou les installations sonores. Même si ces corpus ne sont pas nouveaux, ils prennent une place de plus en plus importante dans la création musicale électroacoustique. Il suffit de consulter les programmes des centres de créations pour constater la réduction progressive des œuvres sur support seul. Leigh Landy souligne<sup>17</sup> ainsi l'évolution rapide de ce qu'il nomme la *sound-based music* (*turntablism*, musique interactive, musique de jeux vidéo, installation sonores, etc.), évolution encore trop peu traitée par la musicologie dont les études commencent à peine à émerger. Ces corpus ont tous un point commun : ils font voler en éclat les notions classiques d'œuvre musicale, d'instrument ou de support.

Analyser une performance électroacoustique improvisée avec une visée génétique ne consiste pas seulement à étudier un ensemble de sources à l'origine de la partition comme dans le cas des musiques écrites. Dans ce cas, l'instrument et le support se confondent bien souvent dans une seule entité qui évolue au fil des improvisations et durant l'improvisation même. Les dispositifs numériques utilisés par les musiciens permettent l'hybridation et la modularité à tous les niveaux. Il est désormais courant de modifier (*repatcher*) son instrument durant le jeu à la manière des instruments préparés, mais en permettant des modifications bien plus profondes. Il s'agit donc d'étudier un objet musical dont les éléments de production sont naturellement évolutifs. Garder une trace de ces évolutions est très difficile et cette question est en train de devenir centrale dans l'étude des œuvres électroacoustiques interactives quelles soient improvisées ou non. Il devient aussi très difficile de les enregistrer, car elles font intervenir des éléments extérieurs forts comme le lieu et l'espace de la performance, les technologies employées ou les transferts d'informations entre les parties des instruments utilisés. Au-delà des considérations habituelles sur la difficulté que l'on peut avoir à analyser une œuvre électroacoustique, étudier une performance de musique improvisée résiste bien souvent à l'« analyse par objets ».

## 2.2. Le contexte des performances sur le film *Emak Bakia*

Cette performance a été réalisée une dizaine de fois entre 1999 et 2007 par le collectif *Les Phonogénistes*. Toutes les performances n'ont pas été enregistrées et certains des enregistrements ne présentent pas une qualité audio indispensable à une analyse du son (saturations ou faibles niveaux, enregistrement fragmentaire, etc.). Je n'ai donc retenu que cinq enregistrements (figure 1).

Date	Lieu de la performance	Nom	Analyse
------	------------------------	-----	---------

<sup>13</sup> Emanuelle Rix, Marcel Formosa (éd.), *Vers une sémiotique générale du temps dans les arts* (Paris, Ircam-Delatour, 2005).

<sup>14</sup> Pierre Couprie, « La représentation graphique : un outil d'analyse et de publication de la musique électroacoustique », *Dolce Notas*, 19-20 (2009), p. 349-356.

<sup>15</sup> Philippe Langlois, *Les cloches d'Atlantis. Musique électroacoustique et cinéma. Archéologie et histoire d'un art sonore*, (Paris, MF, 2012).

<sup>16</sup> Alain Bonardi, *Représentations opérationnelles. L'opéra, entre Berio et Turing*, (Paris, Delatour, 2008).

<sup>17</sup> Leigh Landy, *Understanding the Art of Sound Organization*, (Cambridge, MIT Press, 2007).

1999	Cité universitaire, Maison Heinrich Heine (Paris)	1999-A	
1999	Cité universitaire, Maison Heinrich Heine (Paris)	1999-B	X
2002	Infact (Paris)	2002-A	
2002	La maroquinerie (Paris)	2002-B	X
2003	Maison des auteurs, SACD (Paris)	2003-A	X
2006	Maison Georges Brassens (Aytré)	2006-A	X
2006	Les Dominicains de Haute Alsace (Guebwiller)	2006-B	X
2006	La Rochelle	2006-C	

Figure 1 : les différents enregistrements de la performance, la colonne analyse liste ceux qui seront ici pris en compte.

Les performances analysées durent entre 20'09 et 22'44. Elles dépassent donc de une minute à presque quatre minutes la durée du film (19'46). Lors des performances, les musiciens ont décidé de réaliser une introduction et/ou un finale sans image. Afin de faciliter la synchronisation avec le démarrage du film, les musiciens ont décidé de jouer le même son caractéristique de gong dans toutes les performances au moment de l'apparition de la première image.

Le dispositif technique a beaucoup évolué entre la première performance donnée en 1999 et la dernière de 2006. Outre le fait que la première performance a été réalisée par quatre musiciens et les suivantes par trois musiciens, à partir de 2002, le dispositif a progressivement intégré l'informatique. De même les contrôleurs MIDI ont évolué, passant du clavier aux surfaces de contrôles tactiles, permettant ainsi un jeu très différent. Voici, par exemple, l'évolution du dispositif instrumental et technique d'un des musiciens :

- 1999 : hautbois augmenté avec un microphone, un processeur d'effet *Lexicon LXP15* et un pédalier MIDI ;
- 2002 à 2003 : flûte ténor et didgeridoo augmentés avec deux microphones, un ordinateur portable avec *Max*, une carte son et un contrôleur MIDI *Evolution UC33* ;
- 2006 : flûte ténor et didgeridoo augmentés avec un microphone, un ordinateur avec *Live*, une carte son et un contrôleur tactile *Lemur*.

Le dispositif numérique et l'instrument de ce musicien ont évolué. Le dispositif de 1999 nécessite un ensemble de préréglages commandés par le pédalier MIDI et les transformations fournies par le processeur d'effet sont assez limitées : délai simple ou multiple, filtres et réverbération. L'intégration de l'informatique à partir de 2002 permet d'étendre les possibilités de transformation de l'instrument à l'aide du logiciel *Max*, environnement de programmation musicale MIDI et audio. En outre, cet environnement facilite l'évolution de la chaîne de transformations du son. Enfin, le passage à *Live*, logiciel spécifiquement conçu pour le jeu en direct, a permis de contourner les limites techniques et musicales de *Max*. En effet *Max* reste un outil complexe nécessitant une préparation importante en amont et difficilement conciliable avec les impératifs d'un musicien improvisateur désirant modifier rapidement son dispositif.

Cet exemple permet de mesurer l'importance d'un dispositif modulaire et flexible pour les musiciens improvisateurs en électroacoustique. Avec l'évolution très rapide des technologies et la disponibilité de plus en plus grande de contrôleurs spécifiquement créés pour manipuler les paramètres d'un ou plusieurs logiciels, ils peuvent désormais employer des gestes aussi précis qu'avec un instrument traditionnel.

### 2.3. Les difficultés de l'analyse

Ces quelques éléments de présentations de la performance permettent d'anticiper les difficultés liées à l'analyse de l'improvisation électroacoustique. La difficulté principale est liée à la multiplicité des types de données manipulées par les musiciens. L'audio est la seule donnée disponible lors du moment de l'improvisation et c'est celle qui sera captée par l'enregistrement. Dans notre cas, un fichier audio stéréophonique est le seul témoin de ces improvisations. Mais l'ensemble des données manipulées pendant le jeu sont perdues<sup>18</sup> : les échantillons audio ou MIDI, les flux de communication entre les différents éléments de l'instrument du musicien (notamment entre le contrôleur gestuel et l'ordinateur), l'instrument logiciel bien souvent constitué de différentes applications modulaires et, enfin, l'enregistrement séparé de chaque musicien.

Un des principaux enjeux d'une telle performance est justement de situer l'œuvre au moment où elle se crée. L'ensemble des supports préexistants ne peut plus définir à eux seuls l'œuvre, la performance devient alors le point de départ de l'analyse. Cette réalité est caractéristique de la production musicale électroacoustique interactive de la fin du XX<sup>e</sup> et du début du XXI<sup>e</sup> siècle. Comme je le montrerai dans la quatrième partie, un des enjeux essentiels de l'analyse de telles œuvres va se situer dans la capacité à mettre en place des procédures de captations et d'analyse du moment même de la performance.

J'ai indiqué dans l'introduction que je ne me situerai pas dans l'analyse des stratégies musicales de chaque musicien, mais au niveau des processus émergents qui serviront de marqueurs formels<sup>19</sup> à l'improvisation. Les marqueurs formels de chaque version seront ensuite analysés en relation avec la structure du film afin d'être mis en regard et permettre la compréhension de la structure même de l'improvisation. Une deuxième difficulté s'ajoute à ce travail : les improvisations sont réalisées pour accompagner un film. Je fonderai donc une partie de mon analyse sur les points de relation entre la musique et l'image à l'aide de la segmentation du film réalisée par les musiciens et servant en quelque sorte de conduite à l'improvisation.

Cette première étape analytique me permettra ensuite de mener une réflexion prospective sur les méthodes et les technologies numériques employée dans l'analyse de la musique électroacoustique.

### **3. L'analyse**

#### *3.1. Analyse synchronique*

##### 3.1.1. La structure musicale

La première étape de l'analyse consiste à superposer les improvisations afin d'en dégager des concordances. Lors de l'écoute, trois types de concordances semblent se dessiner (figure 2) :

1. les concordances précises sur des moments de rupture, de silence, d'arrêt ou de démarrage ;
2. les concordances morphologiques sur des paramètres d'intensité ou de spectre ;

---

<sup>18</sup> Les données préparatoires hors-temps permettant à chaque musicien de construire son instrument sont elles aussi perdues.

<sup>19</sup> Clément Canonne, *L'improvisation collective libre : de l'exigence de coordination à la recherche de points focaux. Cadre théorique, analyses, expérimentations* (Saint-Etienne, thèse de doctorat, Université Jean-Monnet, 2010), <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00676796> (consulté le 28 septembre 2012), p. 189 et suivantes.

3. les concordances de structures dans lesquelles nous retrouvons un même type d'enchaînement.

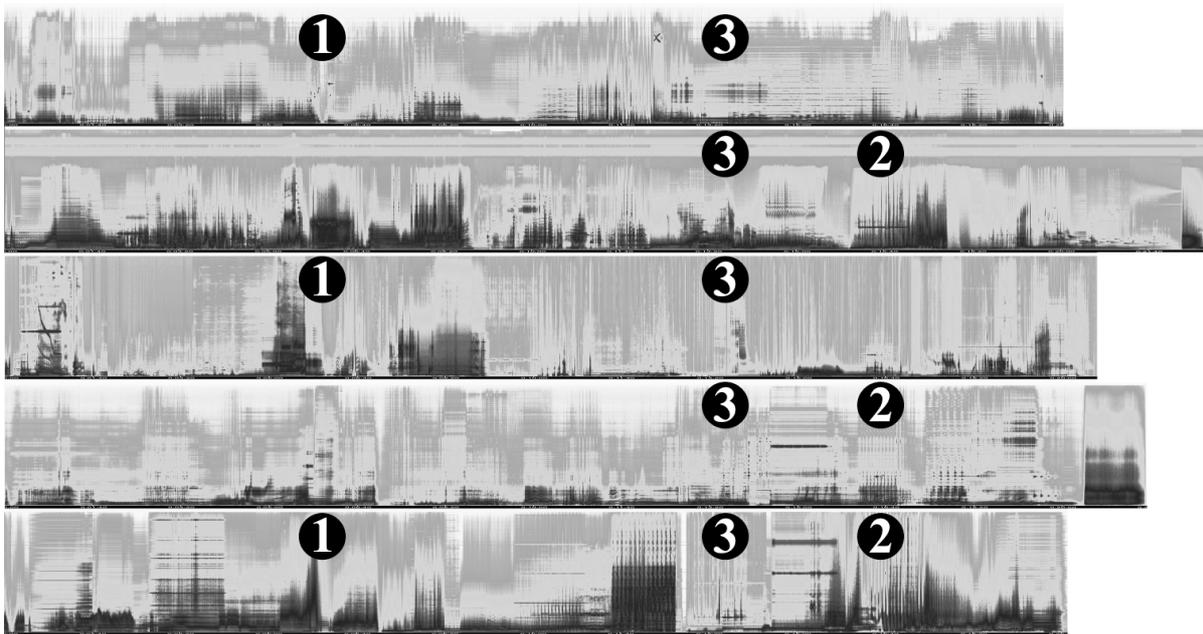


Figure 2 : les cinq sonagrammes avec trois types de concordances.

Une analyse plus fine de chaque enregistrement permet de tracer la carte de l'ensemble des concordances (figure 3).

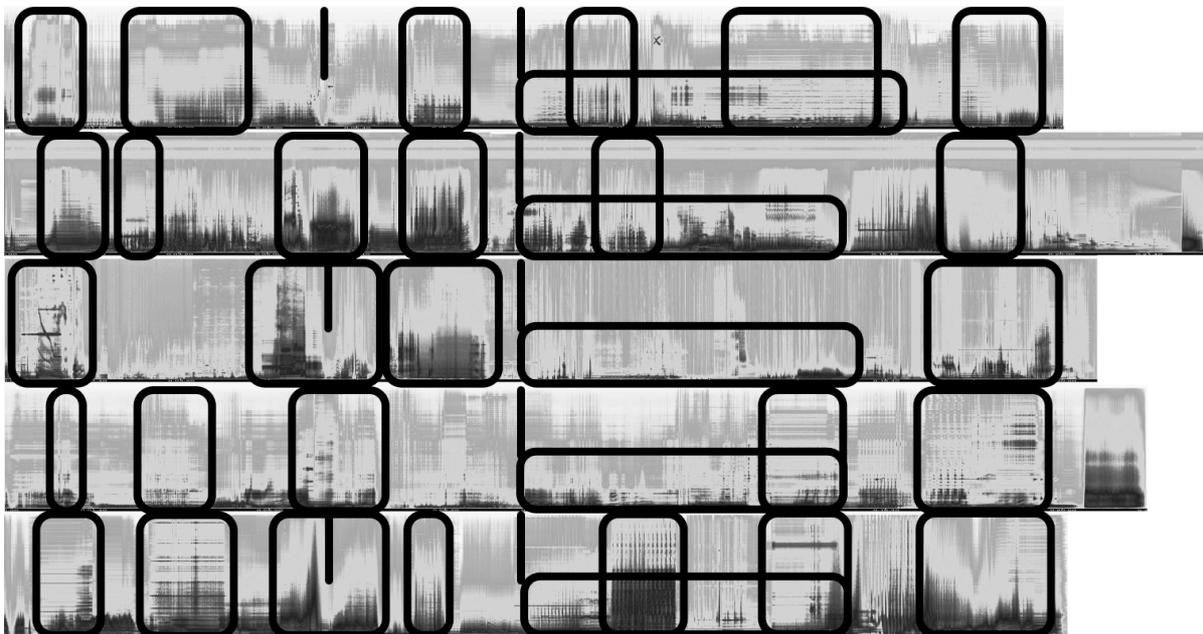


Figure 3 : les cinq sonagrammes avec l'ensemble des concordances.

Si nous superposons les cinq performances afin de déterminer quelles sont les concordances communes à au moins quatre d'entre elles, nous remarquons qu'il se dessine une structure en deux parties (figure 4).



Figure 4 : la structure émergente des cinq performances. La première ligne indique les moments de concordance et la ligne de dessous montre la forme en deux parties.

Cette structure émergente en deux parties est intéressante à deux niveaux. D'une part, elle met en avant une stratégie musicale assez courante dans le domaine de l'improvisation libre : une première partie dans laquelle les musiciens exploitent un matériau et une seconde partie qui permet de renouveler le discours musical avec l'apport de nouveaux matériaux et qui contraste avec la première. D'autre part, comme je vais le montrer dans la partie suivante, cette structure s'accorde avec celle du film.

### 3.1.2. Concordances entre la structure musicale et la structure filmique

Lors du travail de répétition, les musiciens ont réalisé une conduite (figure 5) du film de Man Ray. Cette conduite n'est probablement pas celle que l'on aurait obtenue avec une analyse détaillée d'*Emak Bakia*, elle se révèle être une simple liste des éléments visibles à l'écran et permettant aux musiciens de se repérer dans la succession des plans.

00:00	Emak Bakia - Man Ray - 1927 > < titre > < <i>gondole</i> > < Man Ray	30''
00:30	caméra / œil	10''
00:40	<i>brouillage</i> >	
00:52	< marguerites	19''
00:59	pointes	11''
01:10	horloge tourne	10''
01:20	halos	25''

Figure 5 : le début de la conduite du film réalisée par les musiciens.

A partir de cette conduite, il est possible de regrouper les éléments visuels en sept catégories : texte, superposition, texture abstraite, paysage, élément tournant, scène concrète, élément animé. Plusieurs de ces catégories peuvent être associées avec leurs correspondances musicales :

- superposition : superposition de textures sonores ;
- texture abstraite : trame musicale plutôt statique ;
- paysage, scène concrète : enregistrement de paysages sonores ;
- élément tournant et animé : texture rythmique plus ou moins régulière.

En superposant les différentes catégories et leurs correspondances musicales, deux points de rencontre apparaissent.

Tout d'abord, en ce qui concerne les objets tournants ou animés : ils sont associés à des éléments musicaux basés sur une rythmique ou une pulsation plus ou moins régulière. La figure 6 permet de mettre en évidence les relations directes entre les éléments musicaux et visuels. Les cinq lignes du haut représentent la position des éléments musicaux dans les cinq performances. La ligne du bas représente la position des objets tournants ou animés dans le film. Nous remarquons qu'une structure en deux parties semble se confirmer sur au moins

trois des cinq performances. Toutefois, la systématisation d'un principe qui serait fondé sur la redondance entre l'image et la musique ne semble pas être de mise dans ces improvisations. Même si les musiciens ne cherchent pas à créer des moments qui pourraient être perçus comme diégétiques par les auditeurs, en revanche nous remarquons qu'à plusieurs reprises ils se servent des éléments visuels comme déclencheurs de leur improvisation.



Figure 6 : concordances entre les objets tournants ou animés du film et les éléments rythmiques ou pulsés de la musique (les cinq lignes du haut sont les performances musicales, la ligne du bas est celle du film, les deux rectangles noirs en bas représentent la position des trois cartons du film<sup>20</sup>).

La figure suivante (figure 7) confirme le peu de redondance entre l'image et la musique dans cette improvisation. Nous y voyons le lien entre les éléments figuratifs du film (la ligne du bas) et les éléments extramusicaux (prise de son d'ambiance, échantillons provenant d'autres musiques, etc.). Le son de gong marque le début de la performance avec le film. Il permet de synchroniser la musique avec les images lorsqu'une introduction musicale précède la projection. Le deuxième quart du film consiste en un long moment figuratif d'images et d'effets dramaturgiques trouvant un écho dans la musique. Par contre, la deuxième moitié de la performance s'échappe systématiquement de ce principe. Ici aussi, la structure en deux parties semble se confirmer.

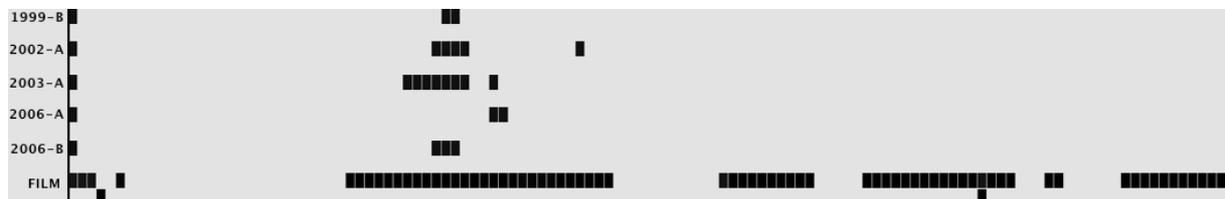


Figure 7 : concordances entre les plans figuratifs du film et les éléments extramusicaux de la bande-son (les cinq lignes du haut sont les performances musicales, la ligne du bas est celle du film).

Nous remarquons que, malgré des moments de concordances entre la structure filmique et une description des types de textures musicales, les deux éléments semblent évoluer d'une manière relativement indépendante.

### 3.2. Analyse diachronique

La figure 8 représente la répartition des différents types de matériau musical. Nous observons plusieurs modifications progressives :

1. la prédominance progressive (en dehors de la première performance) de la deuxième catégorie : le jeu des musiciens devient plus complexe sur le plan de la densité spectrale ;

<sup>20</sup> Les deux cartons du début (enchainés) : « EMAK-BAKIA » et « cinépoème ». Le carton situé à 15'56 : « La raison de cette extravagance ».

2. à l'opposé, la réduction progressive de la troisième catégorie permet d'observer une disparition des rares moments de redondances entre les images et la musique<sup>21</sup> ;

A contrario, nous remarquons aussi l'isolement de la dernière performance par rapport aux quatre premières.

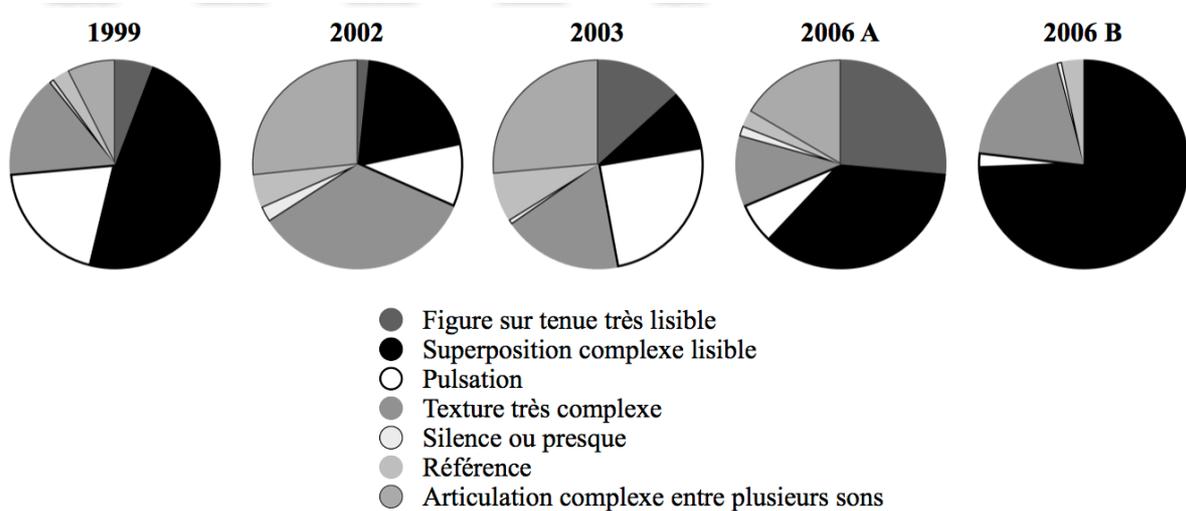


Figure 8 : la répartition des différentes catégories de matériaux musicaux dans les cinq performances.

D'après ces différentes remarques, nous pouvons émettre l'hypothèse d'une stabilisation progressive de la performance. La figure suivante (figure 9) confirme cet aspect à l'aide du paramètre d'intensité. En extrayant cette donnée des cinq performances, nous voyons progressivement se dessiner une courbe. Dans cette figure, l'affichage des données a été normalisé afin de minimiser les différences dynamiques dues à la prise de son. Nous y voyons clairement apparaître un certain nombre de points focaux.

<sup>21</sup> Redondance réalisée entre les images suggérant un rythme (forme tournante, déplacement saccadé, musicien, danseuse) et une texture musicale intégrant des éléments rythmiques plus ou moins réguliers.

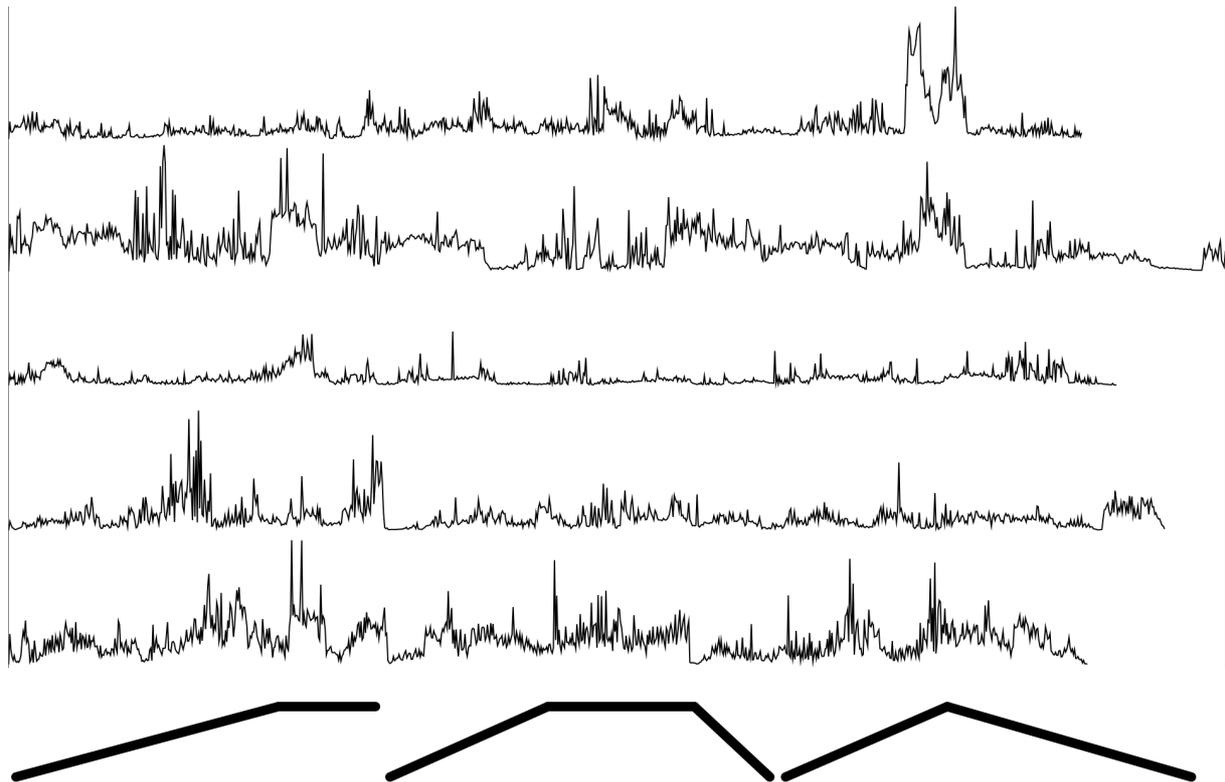


Figure 9 : les contours d'intensité des cinq performances.

### 3.3 Retour sur l'improvisation et son analyse génétique

Ces quelques éléments d'analyse permettent de comprendre la difficulté à analyser une improvisation libre dans le domaine de l'électroacoustique. Dans un sens, la stratégie globale des musiciens est à mettre en relation avec les improvisations dans le domaine du *free jazz*. Comme le soulignent Jacques Aboucaya et Jean-Pierre Peyrebelle, la construction du processus musical est indissociable du jeu d'ensemble<sup>22</sup>. Ce rapprochement entre électroacoustique et *free jazz* met en évidence l'importance des procédés de modification du matériau sonore. Les relations créées entre l'image et la musique, quelles soient directes (par exemple avec les paysages sonores) ou sous la forme de commentaires (par exemple la faible utilisation du principe de redondance dans les cinq improvisations) visent toutes à créer un continuum musical dont les éléments internes n'ont finalement que peu d'importance. La ligne dessinée par les trois musiciens, comme dans le cas du *free jazz*, concourt à la création d'une improvisation ininterrompue dont la texture est une trame enchevêtrée difficile à décomposer. Sur ce plan, l'improvisation libre électroacoustique se distingue profondément de l'improvisation idiomatique. Basée sur la combinatoire et sur le développement de formules<sup>23</sup> appartenant au style du musicien, cette dernière s'oppose en tout point avec une construction musicale fondée sur la transformation progressive d'un matériau sonore.

Les différentes performances deviennent une partie des étapes de la construction de l'œuvre : les enregistrements ont aussi le statut de travail en cours. Ainsi, l'analyse génétique de cette

<sup>22</sup> Jacques Aboucaya, Jean-Pierre Peyrebelle, *Du be-bop au free-jazz Formes et techniques d'improvisations chez C.Parker, M.Davis et O.Coleman* (Toulouse, Presses Universitaires du Mirail, 2001), p. 181.

<sup>23</sup> Laurent Cugny, *Analyser le jazz* (Paris, Outre mesure, 2009), p. 402 et suivantes.

improvisation ne peut se contenter de l'étude seule des étapes préparatoires. Ces étapes sont aussi bien souvent incomplètes, dépendantes de l'évolution du dispositif technologique ou difficilement analysables. D'autre part, même existantes, ces sources seraient très incomplètes et bien moins révélatrices que les traces des performances mêmes. D'où l'importance de l'« ici et maintenant »<sup>24</sup> soulignée par Alain Savouret qui démontre à quel point le processus de construction musicale se joue dans l'instant présent de l'improvisation. L'analyse génétique d'une improvisation libre électroacoustique se place donc à la croisée des chemins entre l'étude des sources et l'étude de la performance même. Pour ces deux étapes, nos méthodes sont très incomplètes et la musicologie doit intégrer la technologie numérique pour parvenir à un résultat satisfaisant.

#### 4. Prospectives numériques

##### 4.1. A la recherche des sources

Les sources disponibles pour le chercheur analysant la musique électroacoustique improvisée sont donc bien souvent extrêmement limitées. Dans notre cas, elles se réduisent à la conduite du film élaborée avant le travail de répétition et aux enregistrements des différentes performances. Toutefois, même si la particularité d'une improvisation libre est de se construire durant le moment même de la performance, l'enregistrement de celle-ci ne peut être considéré comme la seule source potentiellement disponible pour une étude génétique. De plus, notre source est ici très incomplète puisqu'elle n'est qu'une trace audio stéréophonique assez peu représentative de la performance elle-même. Il convient donc de mener une réflexion prospective sur les moyens numériques nécessaires à la collecte d'informations lors des répétitions et des performances publiques des musiques électroacoustiques interactives quelles soient improvisées ou non.

Dans une étude antérieure, j'avais réalisé avec Christian Zanesi une exploration des fichiers numériques utilisés par le compositeur Philippe Leroux dans son œuvre *M-É*<sup>25</sup>. Nous avons travaillé directement à partir des sessions *ProTools* de l'œuvre. Notre objectif était de rendre visibles les différentes couches de mixage qui la composent, et notre travail de recherche était ici facilité par ses caractéristiques mêmes. En effet, *M-É* est une œuvre fixée en studio, c'est-à-dire que l'intégralité de ses caractéristiques musicales tient dans l'enregistrement lui-même, elle n'est donc pas dépendante d'un lieu ou d'un dispositif de diffusion. Nous avons aussi réalisé une interview du compositeur afin de comprendre son projet musical. Les fichiers sources fournis par le compositeur ont permis de d'affiner notre analyse et d'éclairer le processus de création.

Cette expérience, aussi intéressante qu'elle puisse être pour l'utilisateur du cédérom, est actuellement difficilement réalisable dans le cas d'improvisation électroacoustique. De plus, même si la session de mixage est un élément riche pour l'étude de la genèse d'une œuvre, les étapes qui ont mené à cette session sont absentes. Il nous manque ce *versioning* évoqué dans l'introduction et qui est une des activités importante de la programmation informatique<sup>26</sup>. Il

---

<sup>24</sup> Alain Savouret, *Introduction à un solfège de l'audible. L'improvisation libre comme outil pratique* (Lyon, Symétrie, 2010), p. 12.

<sup>25</sup> Pierre Couprie et Christian Zanesi, « Mixage. Analyse d'un extrait de *M-É* de Philippe Leroux », in *La musique électroacoustique* (Paris : INA-GRM/Hyptique, 2000), cédérom.

<sup>26</sup> Les développeurs enregistrent régulièrement leur travail en documentant les modifications. Cette pratique facilite le travail de groupe, permet de revenir en arrière en cas d'erreur et d'avoir un historique de l'évolution du logiciel, y compris des branches abandonnées.

permettrait de conduire des entretiens très riches avec les musiciens, étant ainsi mis en face des décisions prises durant l'activité créatrice.

Nous voyons donc ici une première étape à résoudre. Les compositeurs et musiciens électroacoustiques utilisent différents types de logiciels. Certains d'entre eux sont basés sur le principe de modularité (élaboration par le musicien lui-même de son logiciel en assemblant plusieurs modules ou en connectant plusieurs logiciels entre-deux entre –eux ?). D'autres sont d'une structure plus simple (comme les logiciels d'édition et de mixage traditionnel). Mais les deux ne permettent pas de mémoriser les actions du musicien dans l'élaboration de son œuvre ou de son improvisation. Le projet GAMELAN, *An environment for management and archival of digital music and audio*, a permis le développement d'une première version de ce qui pourrait devenir un outil essentiel pour l'étude génétique des œuvres électroacoustiques<sup>27</sup>. En ajoutant un dispositif d'observation au logiciel Audacity<sup>28</sup> permettant d'envoyer des messages OSC<sup>29</sup>, les chercheurs peuvent désormais suivre l'ensemble des actions de l'utilisateur et ainsi reconstituer les étapes de production d'une œuvre électroacoustique fixée. Même si la généralisation d'un tel procédé est difficilement envisageable pour les logiciels professionnels utilisés dans la création d'œuvres fixées, le dispositif d'envoi et de réception de données à l'aide du protocole OSC est une solution particulièrement intéressante dans le cas des musiques improvisées. En effet, les musiciens utilisent bien souvent des interfaces ou des logiciels modulaires compatibles ; avec ce protocole, nous pourrions donc suivre une partie des actions du musicien lors de l'élaboration de son instrument numérique et dans l'utilisation de celui-ci lors de la performance.

Il convient maintenant d'entrer dans le processus de création et comprendre les enjeux numériques qui y sont associés afin de permettre la traçabilité du processus créatif.

#### 4.2. *In situ*

En se plaçant dans la position d'un musicologue ayant accès aux sources lors des répétitions et des performances, on se rend très vite compte de la complexité des types de données pouvant être collectées. Une partie d'entre-elles proviennent des instruments de chaque musicien, une autre partie provient de préparations souvent informelles.

Dans un groupe tel que celui que j'étudie ici, le travail commence bien souvent par des discussions sur le projet. Celles-ci permettent d'élaborer progressivement la démarche artistique et de commencer à prendre des décisions sur la réalisation des instruments. Ces derniers ont très souvent un aspect protéiforme, ils évoluent d'une improvisation à une autre, voire lors d'une improvisation. Que ce soit sur le plan technique ou sur l'origine des sources sonores employées, le musicien adapte son instrument au projet et expérimente sans cesse de nouvelles configurations y compris durant la performance elle-même. C'est probablement une des constantes chez les musiciens pratiquant l'improvisation électroacoustique. Cet aspect devra donc être pris en compte par le musicologue.

---

<sup>27</sup> Karim Barkati, Alain Bonardi, Antoine Vincent et Francis Rousseaux, « GAMELAN : A Knowledge Approach for Digital Audio Production Workflows », in E. Mercier-Laurent, N. Matta, M.L. Owoc, I. Saad (éd.), *Artificial Intelligence for Knowledge Management*, (Montpellier : ECAI, IFIP, 2012), p. 75-80.

<sup>28</sup> Audacity est un logiciel d'édition et de mixage audio disponible en *open source*.

<sup>29</sup> 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.

Les musiciens enregistrent aussi très souvent les répétitions. Des discussions naissent ensuite sous la forme de commentaires, de micro-analyses sur le résultat musical obtenu. C'est le moment où des configurations commencent à être retenues ou pour le moins envisagées comme hypothèses de travail. Les musiciens stabilisent progressivement leur instrument en sélectionnant des échantillons sonores ou des gestes musicaux qui semblent particulièrement bien fonctionner par rapport aux images du film. Ces moments de répétitions sont aussi un moment de création libre permettant d'improviser sans contrainte afin de retrouver une certaine spontanéité qui peut parfois être bridée par un projet trop dirigé. Ces improvisations sans contrainte nourrissent alors le projet musical.

Les règles de l'improvisation se construisent progressivement. Ce phénomène ne passe pas par une fixation, l'improvisation reste libre, mais les contraintes sont progressivement posées et différentes hypothèses sont envisagées pour certaines parties. Dans le projet *Emak Bakia*, le film donne une véritable conduite pour l'improvisation. Les répétitions ont permis de convenir d'un certain nombre de moments bien précis :

- le démarrage et la fin : plusieurs solutions ont été envisagées et expérimentées durant les différentes performances publiques afin de s'adapter à la demande des programmeurs : avec ou sans introduction et avec ou sans conclusion. Assez rapidement, le jeu d'échantillonnage sur un son de gong s'est imposé afin de marquer le démarrage du film lors de l'utilisation d'une introduction plus longue ;
- la partie située en fin de première moitié : le réalisateur utilise des images figuratives fortes (danseuses, musiciens, accident de voiture, animaux de la ferme, bord de mer). L'incrustation de paysages sonores ou de bruitages proches d'une situation diégétique s'est progressivement imposée. Mais la multiplicité des configurations possibles a permis de laisser une grande liberté aux musiciens afin de ne jamais tomber dans une pure redondance (figure 7) ;
- les objets tournants ont permis aux musiciens de jouer sur les rythmiques. Man Ray réalise dans ce film un ensemble de scènes assez complexes, parfois énigmatiques, à l'aide d'objets tournants. Le rythme donné par ces objets se superpose au rythme du montage. Cette polyphonie rythmique visuelle a été une grande source d'inspiration pour les musiciens. Mais loin de tenter une synchronisation constante (figure 6), ces derniers s'en sont inspirés afin de créer un ensemble de couches rythmiques supplémentaires qui peuvent occuper jusqu'à la moitié de certaines performances.

Il devient clair que les traces de la genèse d'une improvisation sont souvent difficiles à réunir. Dans le cas présent, de ces discussions et de ces essais à huit-clos, il ne reste rien. Il serait très intéressant de reprendre une telle étude en systématisant l'enregistrement de telles discussions. Le créateur s'exprimant sur son travail est une source importante pour le musicologue et une étape essentielle du travail d'un créateur<sup>30</sup>.

L'usage des technologies pourrait faciliter la conservation des étapes de la construction de l'improvisation mais ce n'est pas forcément le cas. Comme je l'ai déjà précisé, l'instrument numérique du musicien est construit par mutation progressive sans qu'il y ait une trace de ces différentes évolutions. Toutefois, même si cette trace existait, le travail d'analyse serait très complexe, car il nécessiterait d'avoir une vision globale et d'étudier les interactions des différentes versions des instruments du groupe entres-elles. De plus, comme je vais le montrer

---

<sup>30</sup> Philippe Leroux, « Questions de faire. La génétique musicale *in vivo* vue du côté du créateur », *Génésis*, 31 (2010), p. 55-63.

maintenant, la collecte et l'interprétation de sources numériques sont une activité difficile à mener car il existe plusieurs formats et ceux-ci ne sont pas toujours intelligibles.

#### *4.3. La collecte des sources : exhaustivité ou sélection ?*

La première difficulté est bien évidemment celle du choix des sources à collecter. La performance électroacoustique a le mérite d'inscrire l'ensemble des gestes porteurs de musique dans une mémoire numérique : celle de l'ordinateur. Il devient donc possible de recueillir l'ensemble des interactions du musicien avec son instrument. Mais, ces données sont-elles toutes intelligibles dans une visée analytique ? De plus, cette exhaustivité est-elle réellement utile pour le musicologue ? A l'opposé, le musicologue pourrait aussi décider de ne recueillir que certaines données, celles qui lui semblent analysables ou, au moins, interprétables et liées au résultat musical de la performance. Mais, comment choisir les données à recueillir ?

#### *4.4. Captation et intelligibilité des sources*

Pour exploiter une donnée numérique, il est nécessaire d'avoir la technologie permettant de la lire. Il faut aussi la rendre intelligible, c'est à dire pouvoir l'interpréter. Lorsque le chercheur travaille avec des données de type texte, la difficulté est très réduite, mais lorsqu'il travaille avec des données provenant de courbes d'automations, de différents types de capteurs, ou de listes états d'un instrument logiciel, relier ces différents éléments indépendamment du déroulement temporel de la performance est parfois difficile. En effet, une des caractéristiques du numérique est de ne pas exister dans le temps. Dans un ordinateur, les données sont séquentielles, c'est-à-dire que, pour celui-ci, l'intervalle temporel entre deux états n'impacte pas la signification des données. Lorsque cela est possible, le musicologue va donc devoir convertir ces données dans la temporalité de la performance. Toutefois, certaines données qui résultent de procédures ne peuvent être remises en temps que partiellement.

Une des solutions est donc d'enregistrer une grande partie des données générées par le musicien sur son instrument numérique. La figure 10 représente un dispositif identique à ceux utilisés dans la performance précédemment analysée. L'instrument du musicien est organisé autour d'un ou plusieurs logiciels avec lequel le musicien interagit à l'aide d'interface (audio, MIDI, ordinateur). Le ou les logiciels génèrent et/ou utilisent des données préenregistrées avant ou pendant la performance. L'étape d'enregistrement consiste à systématiquement enregistrer les communications entre les différents appareils et logiciels (E1). Charge ensuite au musicologue d'interpréter ces différentes données.

La deuxième idée est de n'enregistrer qu'une partie des données (E2). Le choix se porte sur un ensemble de données jugées pertinentes par le musicologue. Cette solution nécessite bien évidemment que ce dernier suive le travail de répétition afin de progressivement sélectionner les informations à conserver.

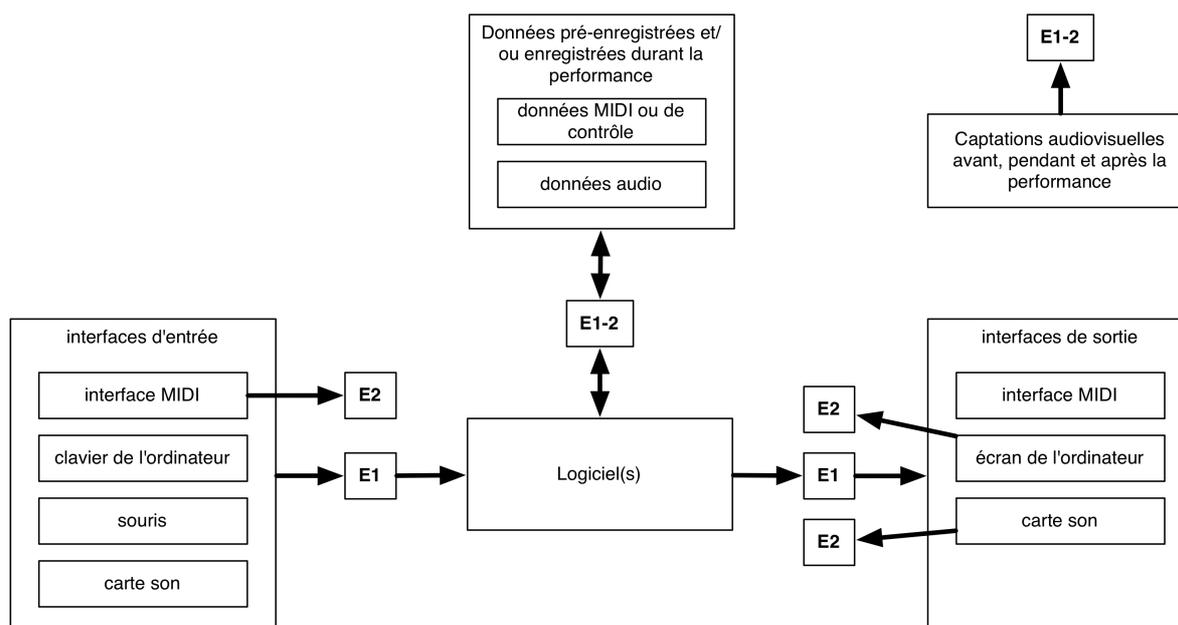


Figure 10 : deux stratégies d'enregistrement des sources durant la performance (E1 et E2).

L'étape d'enregistrement des données fait apparaître deux difficultés majeures pour le musicologue. La première concerne l'enregistrement même de la performance. Il faut pouvoir réaliser l'enregistrement de plusieurs types de données au même instant. La seconde difficulté est celle de l'exploitation des données enregistrées. Si le musicologue décide d'enregistrer l'ensemble des données, leur lecture et leur interprétation dans des formats très divers (MIDI, OSC, XML, audio multipistes, vidéo, etc.) nécessitent un travail long et complexe. Dans ce cas précis, l'utilisation des logiciels des musiciens ne peut être que d'une aide très réduite. Ils permettront d'aider à l'interprétation des données séparément mais pas à leur mise en relation. Le musicologue doit donc utiliser un ou plusieurs logiciels développés spécifiquement pour ce type de situation.

Depuis 2005, je développe un logiciel d'aide à l'analyse musical, *iAnalyse Studio*<sup>31</sup>. En cours de développement, la version 4 contiendra deux nouveaux outils spécifiquement réalisés pour l'étude génétique des œuvres. Ils résoudront en partie ces deux difficultés. Cette nouvelle version consistera en une suite de plusieurs logiciels<sup>32</sup>. Parmi ceux-ci, *Workspace* permettra au musicologue de réunir dans un seul espace les différentes sources à analyser. Il pourra les référencer, les visualiser, les comparer et les exploiter dans des projets de présentation multimédia avec *iAnalyse*. L'outil de visualisation sera un bon moyen d'exploiter des données numériques provenant directement de logiciels de production musicale tel que les sessions de mixage en XML ou les données MIDI enregistrées dans le dispositif de jeu des musiciens. Le deuxième logiciel, encore en projet, consistera en un environnement d'enregistrement de performance. Avec ce logiciel, le musicologue sera en mesure d'enregistrer simultanément l'audio en multipistes, la vidéo et des données transmises par les musiciens. En outre, il sera aussi en mesure d'ajouter durant l'enregistrement un ensemble de marqueurs temporels ou visuels, et ainsi de préparer la segmentation de la performance. Ce logiciel pourra aussi être connecté à d'autres outils afin de réaliser en direct des opérations semi-automatiques telles

<sup>31</sup> Pierre Couprie, « iAnalyse : un logiciel d'aide à l'analyse musicale », in *Journées d'Informatique Musicale*, (Albi : GMEA, 2008), p. 115-121, [http://www.gmea.net/upload/17\\_P Couprie-JIM08.pdf](http://www.gmea.net/upload/17_P Couprie-JIM08.pdf) (consulté le 4 juin 2013).

<sup>32</sup> Ils seront disponibles progressivement dans le courant des années 2013 et 2014.

que, par exemple, le suivi vidéo des musiciens afin de détecter des interactions ou l'analyse par descripteurs audio afin de signaler des ruptures dans l'évolution morphologique du matériau musical.

#### 4.4. Représenter les données

Les questions posées par la captation des données vont de pair avec leur représentation. Si la version finale de *iAnalyse Studio* aidera à la classification, la comparaison et l'interprétation des données, l'étape de représentation sera elle aussi nécessaire. *Open Music*<sup>33</sup> permet de visualiser des données diverses (notes, forme d'onde, liste de valeurs, processus) sur une même ligne temporelle (maquette). Cet environnement de programmation tire son principal intérêt de sa modularité. L'artiste ou le chercheur développe ces propres processus permettant d'analyser un ensemble de données et de les transcrire ou d'en produire de nouvelles. Particulièrement adapté à la composition instrumentale et à l'étude des musiques basées sur la note, il ne se révèle pas particulièrement adapté aux musiques électroacoustiques. Toutefois, la possibilité de manipuler des listes de valeurs et des processus dans le même programme afin de générer un ensemble d'états est particulièrement intéressante pour la génétique musicale.

Parallèlement à *Open Music*, d'autres projets permettant la représentation de données variées existent. *MuBu*<sup>34</sup>, développé à l'Ircam, consiste en une ligne temporelle sur laquelle il est possible de superposer différents types de données (forme d'onde, listes de valeurs, marqueurs, segmentation, etc.). Ce nouvel environnement est très prometteur pour la musicologie mais nécessite une bonne maîtrise de l'environnement de programmation Max. *IAA*<sup>35</sup> est un projet développé par l'université d'Huddersfield. Après trois applications fixes permettant d'entrer dans la génétique d'œuvres électroacoustiques<sup>36</sup>, Michael Clarke a décidé d'en réaliser une version autonome utilisable pour n'importe quelle œuvre. Ce logiciel permet de multiplier les représentations (typologique, morphologique, paradigmatique) et d'explorer l'œuvre d'une manière interactive. Il apparaît d'emblée comme un bon complément de *MuBu* en ajoutant une dimension analytique aux représentations de données.

Parallèlement à *iAnalyse Studio*, je développe aussi pour l'université De Montfort de Leicester un logiciel d'aide à l'analyse musicale adapté aux musiques non écrites<sup>37</sup>. *EAnalysis*<sup>38</sup> (figure 11) permet d'ores et déjà de visualiser des données diverses sur une ligne temporelle. Il combine plusieurs idées développées lors de différentes conférences dans une interface adaptée à la musicologie. L'intérêt de *EAnalysis* est de proposer dans un seul logiciel un navigateur avancé de fichiers audiovisuels, un éditeur de représentations graphiques, un éditeur d'annotations analytiques (marqueurs, paramètres musicaux,

---

<sup>33</sup> *Open Music* est un environnement de programmation pour les artistes et les chercheurs développé à l'Ircam (<http://repmus.ircam.fr/openmusic/home>).

<sup>34</sup> *MuBu* est un ensemble d'objets développé pour Max (<http://imtr.ircam.fr/imtr/MuBu>).

<sup>35</sup> *Interactive Aural Analysis* (<http://www.hud.ac.uk/research/researchcentres/iaa/>).

<sup>36</sup> Michael Clarke, « Analysing Electroacoustic Music: an Interactive Aural Approach », *Music Analysis*, 31 (2012), p. 347-380.

<sup>37</sup> Dans le cadre du projet *New Multimedia Tools for Electroacoustic Music Analysis* du *Music Technology and Innovation Research Centre* et soutenu par l'*Arts & Humanities Research Council*. *EAnalysis* est disponible gratuitement sur : <http://eanalysis.pierrecouprie.fr>.

<sup>38</sup> Pierre Couprie, « EAnalysis : aide à l'analyse de la musique électroacoustique », in T. Dutoit, T. Todoroff, N. d'Alessandro (éd.), *Journées d'Informatique Musicale*, (Mons : Numediart, 2012), p. 183-189.

fonctionnels, etc.), un outil de création de cartes à partir de fragments audio (classification, arbre génératif, tableau paradigmatique, etc.) et un ensemble d'outils de visualisation de différentes données (listes de valeurs, images, vidéo, comparaison de sonagrammes ou de formes d'onde). Ce projet est une étape supplémentaire de mon travail de recherche axé sur les représentations musicales dans l'analyse de la musique électroacoustique.

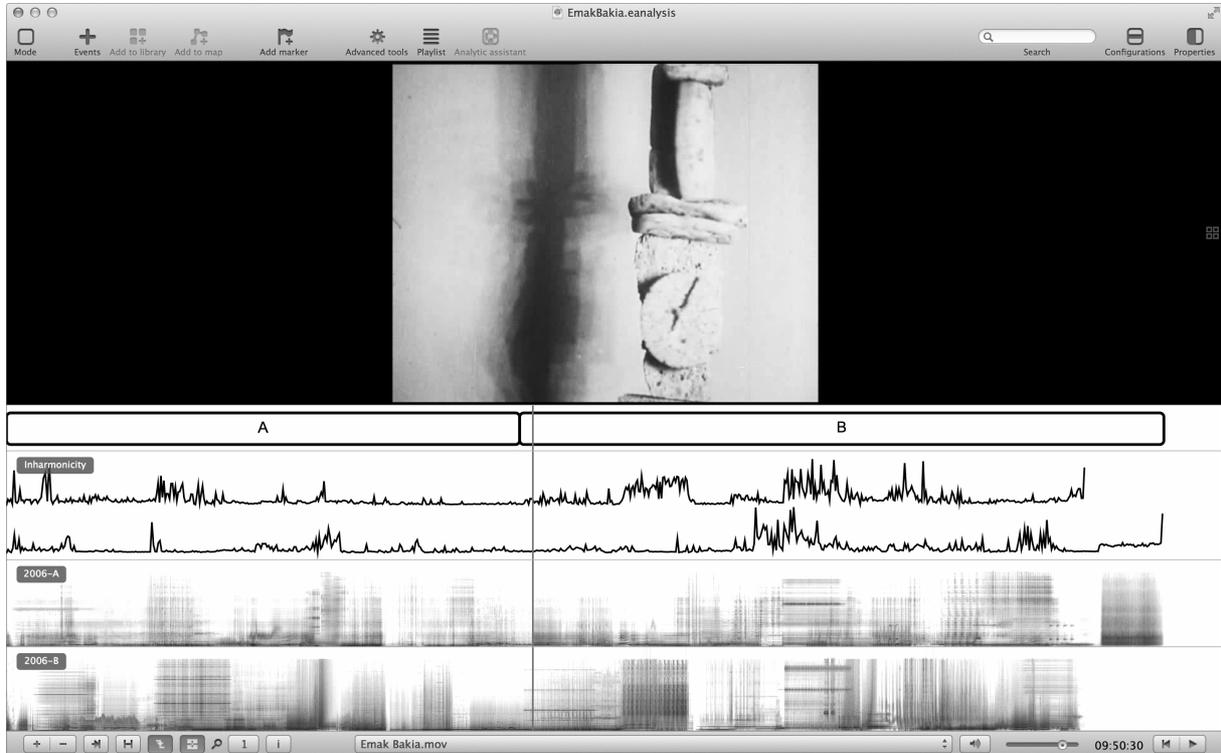


Figure 11 : un aperçu du logiciel EAnalysis avec (de haut en bas) le film, la forme en 2 parties, deux courbes de descripteurs audio (inharmonicité) et deux sonagrammes des performances de 2006.

Ces différents projets montrent la place de plus en plus importante des questions relatives au numérique dans la musicologie. L'analyse de données numériques nécessite des outils adaptés et puissants permettant de produire des représentations utilisables par le chercheur.

## 5. Conclusion

Cet article a mis en évidence la particularité de l'analyse d'une performance électroacoustique improvisée. Le fait qu'elle soit improvisée librement et en accompagnement d'un film lui donne un statut particulier par rapport à une œuvre électroacoustique fixée sur support électronique ou à une improvisation idiomatique. L'analyse des enregistrements a mis en évidence un certain nombre de concordances entre les cinq performances. Les différentes approches utilisées (recherche de marqueurs formels, segmentation en catégories, analyse des variations d'intensité) permettent de comprendre la complexité du processus créatif. La particularité d'une improvisation dans le domaine de l'électroacoustique est de modifier totalement les repères musicaux du musicien, de l'auditeur et de l'analyste. De même qu'une œuvre électroacoustique fixée, l'improvisation électroacoustique intègre des éléments peu ou pas utilisés dans le domaine instrumental (espace, éléments extramusicaux, polymorphisme sonore des instruments, plasticité du matériau, etc.). Toutefois, l'analyse n'a été réalisée qu'à partir d'enregistrements stéréophoniques. Même si ceux-ci peuvent être considérés comme

des témoignages de la genèse de la performance, de nombreuses autres données sont absentes et n'ont pas permis d'approfondir plus avant les recherches. Dans un domaine analytique en devenir, ces prospectives numériques esquissées sont autant de voies qu'il reste à explorer. L'apparition ces dernières années d'un certain nombre d'outils d'aide à l'analyse et la mise en place de projets innovants dans le domaine des humanités numériques permettent d'envisager, dans un futur proche, la création de logiciels et de méthodes particulièrement bien adaptés à l'analyse génétique des performances électroacoustiques.

## Bibliographie

Jacques Aboucaya, Jean-Pierre Peyrebelle, *Du be-bop au free-jazz Formes et techniques d'improvisations chez C.Parker, M.Davis et O.Coleman* (Toulouse, Presses Universitaires du Mirail, 2001).

Talia Bachir-Loopuyt, Clément Canonne, Pierre Saint-Germier et Barbara Turkiyer, « Improvisation : usages et transferts d'une catégorie », *Tracé*, 18 (2010), p. 5-20.

Karim Barkati, Alain Bonardi, Antoine Vincent et Francis Rousseaux, « GAMELAN : A Knowledge Approach for Digital Audio Production Workflows », in E. Mercier-Laurent, N. Matta, M.L. Owoc, I. Saad (éd.), *Artificial Intelligence for Knowledge Management*, (Montpellier : ECAI, IFIP, 2012), p. 75-80.

Alain Bonardi, *Représentations opérationnelles. L'opéra, entre Berio et Turing*, (Paris, Delatour, 2008).

Clément Canonne, *L'improvisation collective libre : de l'exigence de coordination à la recherche de points focaux. Cadre théorique, analyses, expérimentations* (Saint-Etienne, thèse de doctorat, Université Jean-Monnet, 2010), <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00676796> (consulté le 4 juin 2013).

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

Pierre Couprie et Christian Zanesi, « Mixage. Analyse d'un extrait de M-É de Philippe Leroux », in *La musique électroacoustique* (Paris : INA-GRM/Hyptique, 2000), cédérom.

Pierre Couprie, « iAnalyse : un logiciel d'aide à l'analyse musicale », in *Journées d'Informatique Musicale*, (Albi : GMEA, 2008), p. 115-121, [http://www.gmea.net/upload/17\\_P Couprie-JIM08.pdf](http://www.gmea.net/upload/17_P Couprie-JIM08.pdf) (consulté le 4 juin 2013).

Pierre Couprie, « La représentation graphique : un outil d'analyse et de publication de la musique électroacoustique », *Dolce Notas*, 19-20 (2009), p. 349-356.

Pierre Couprie, « EAnalysis : aide à l'analyse de la musique électroacoustique », in T. Dutoit, T. Todoroff, N. d'Alessandro (éd.), *Journées d'Informatique Musicale*, (Mons : Numediart, 2012), p. 183-189, [http://jim.afim-asso.org/jim12/pdf/jim2012\\_29\\_p\\_couprie.pdf](http://jim.afim-asso.org/jim12/pdf/jim2012_29_p_couprie.pdf) (consulté le 4 juin 2013).

Laurent Cugny, *Analyser le jazz* (Paris, Outre mesure, 2009).

Kevin Dahan, « Emergence, enaction et propagation des dimensions temporelles dans les processus compositionnels », *Filigrane*, 10 (2009).

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

Philippe Langlois, *Les cloches d'Atlantis. Musique électroacoustique et cinéma. Archéologie et histoire d'un art sonore*, (Paris, MF, 2012).

Philippe Leroux, « Questions de faire. La génétique musicale *in vivo* vue du côté du créateur », *Génésis*, 31 (2010), p. 55-63.

Emanuelle Rix, Marcel Formosa (éd.), *Vers une sémiotique générale du temps dans les arts* (Paris, Ircam-Delatour, 2005).

Stéphane Roy, *L'analyse des musiques électroacoustiques : modèles et propositions* (Paris, L'Harmattan, 2003).

Alain Savouret, *Introduction à un solfège de l'audible. L'improvisation libre comme outil pratique* (Lyon, Symétrie, 2010).

Pierre Schaeffer, *Traité des objets musicaux* (Paris, Seuil, 1966).

Jacques Siron, « L'improvisation dans le jazz et les musiques contemporaines : l'imparfait du moment présent », in J.J. Nattiez (éd.), *Musiques. Une encyclopédie pour le XXI<sup>e</sup> siècle. L'unité de la musique* (Paris : Actes Sud/Cité de la Musique, 2007, 5), p. 690-711.

Denis, Smalley, « Spectromorphologie : explaining sound-shapes », *Organised Sound*, 2-2 (1997), p. 107-126.

Lasse Thoresen, « Spectromorphological analysis of sound objects : an adaptation of Pierre Schaeffer's typomorphology », *Organised Sound*, 12-2 (2007), p. 129-141.