



HAL
open science

Voyage dans “Grandeur nature”

Pierre Couprie

► **To cite this version:**

Pierre Couprie. Voyage dans “Grandeur nature”. François Bayle. Son Vitesse-Lumière, 22, Magison, pp.47-57, 2016, Son Vitesse-Lumière, 9782953217933. hal-01332470

HAL Id: hal-01332470

<https://hal.science/hal-01332470>

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

VOYAGE DANS « GRANDEUR NATURE », PREMIERE PARTIE DE SON VITESSE-LUMIERE DE FRANÇOIS BAYLE

Pierre COUPRIE

« Ce mouvement est une ample respiration, un long survol en dilatations-compressions, sans impacts et sans heurts. »¹

Introduction

La musique de François Bayle est propice au voyage. Le compositeur place l'auditeur dans une machine, tel un explorateur de l'ouïe survolant un paysage sonore onirique. Mais, loin d'être uniforme, ce paysage morphogénétique², cette ample respiration musicale, fourmille de détails qui renouvellent l'expérience à chaque écoute. Le mouvement se caractérise par l'évolution continue d'un matériau limpide à la perception mais complexe dans ses détails³. La demi-heure qui le compose se perçoit comme le survol d'un flux sans cesse renouvelé, parfois dense, parfois ne tenant plus qu'à un fil, transportant l'auditeur découvrant un paysage acousmatique.

Les notions de flux et de singularité, notions centrales en physique et en mathématiques, nous ont semblé les plus fertiles pour étudier le fonctionnement de cette ample respiration. Du flux, nous avons retenu la manière dont le matériau est en permanente évolution, les textures se transforment, se métamorphosent⁴ afin de guider l'auditeur dans le paysage musical. De leur côté, les singularités sous la forme de moments de transition ou de gestes morphologiques, proposent des saillances guidant le parcours de l'oreille.

Le sonagramme de « Grandeur nature » surprend dès le premier regard. Il se présente avec une lisibilité parfaite de l'intégralité des événements sonores et une très grande beauté esthétique. Pour l'auditeur, il possède un double statut : celui d'un outil d'aide à l'écoute et celui d'un objet se détachant de l'œuvre, comme un commentaire esthétique. Mais à côté de ce sonagramme, nous avons aussi utilisé d'autres types de représentations du son comme celles réalisées à partir de descripteurs audio ou celles recomposant l'image du sonagramme en matrices de similarités. Ces représentations complètent le tracé du spectre en éclairant certains

¹ BAYLE, François, *50 ans d'acousmatique*, Paris, INA-GRM/Magisson, 2012, livret, p. 63.

² BAYLE, François, « L'image de son, ou i-son. Métaphore/Métaphorme », in S. McAdams, I. Deliège (éd.) *La musique et les sciences cognitives*, Paris, Mardaga, 1989, p. 241.

³ CHION, Michel, REIBEL, Guy, *Les musiques électroacoustiques*, Paris, Edisud/INA-GRM, 1976, p. 84.

⁴ CASTANET, Pierre-Albert, « La théorie des catastrophes de René Thom et l'avènement du temporel dans les œuvres musicales de François Bayle et de Hugues Dufourt », in *Analyse et création musicales*, Paris, L'Harmattan, 2001, p. 107.

de ces aspects ou en révélant des transformations spectrales qui paraissent masquées.

Ce texte se présente en cinq parties. La première partie nous permettra d'introduire la méthode de représentation et les différents outils acoustiques et mathématiques auxquels elle fait appel. Nous présenterons ensuite plusieurs extraits à travers trois thématiques : la transformation-métamorphose, le geste morphologique et les conduites d'écoute. Enfin, nous terminerons avec une introduction à la représentation complète de ce mouvement disponible dans le support multimédia accompagnant cette publication.

1. Présentation de la méthode de représentation

Les exemples et de la représentation complète de la première partie de *Son Vitesse-Lumière* ont été réalisés avec le plugin vamp LibXtract⁵ pour le calcul des descripteurs audio et le logiciel EAnalysis⁶ pour la partie graphique. Ces deux logiciels sont disponibles gratuitement.

Les descripteurs audio⁷ sont utilisés depuis les années 1990 pour analyser et classer des fichiers audios numériques principalement issus du corpus des musiques modales et tonales. Ils entrent en jeu dans la reconnaissance automatique de la parole, la classification des genres musicaux, la reconnaissance des instruments de musique ou l'analyse automatique de paramètres musicaux comme le tempo ou les rythmes. Depuis 2013, nous travaillons sur leur utilisation dans le cadre de représentations analytiques de la musique acousmatique. Ce type de représentation associe différents graphiques issus de l'analyse musicale (transcriptions morphologiques ou fonctionnelles, analyse des structures), de l'acoustique (représentation du son, descripteurs audio) et, plus généralement, de tout type de représentation permettant d'aider le musicologue dans sa recherche. Les exemples présentés ici ont été réalisés à partir de représentations acoustiques du signal sonore ou des descripteurs audio. Il existe de nombreux descripteurs et ceux que nous avons utilisés pour ces représentations ont été choisis pour leur adéquation aux textures sonores utilisées par François Bayle dans cette œuvre. L'analyse d'une autre œuvre du compositeur ou d'une œuvre d'un autre compositeur nous mènerait probablement à sélectionner un panel de descripteurs un peu différent.

La légende des exemples est toujours présentée de la même manière :

- une indication temporelle entre parenthèses : nous avons réuni les deux premières pistes de l'œuvre (18'16 et 13'43) en un seul fichier ;

⁵ <http://www.vamp-plugins.org/download.html>.

⁶ <http://eanalysis.pierrecouprie.fr>.

⁷ ORIO, Nicola, « Music Retrieval: A Tutorial and Review », *Foundations and Trends in Information Retrieval*, vol. 1, n° 1, 2006, p. 1–96, en ligne : <http://graphics.nju.edu.cn/course/webinformationretrival/books/music01.pdf>.

- une liste des représentations apparaissant de bas en haut et séparées par des virgules. Les détails de chaque représentation sont indiqués entre parenthèses.

Les exemples sont présentés ici sous la forme d'images en niveaux de gris et sous la forme de vidéos en couleur dans le support multimédia qui accompagne la publication. Dans le texte, nous ferons toujours référence aux couleurs des versions vidéo.

Voici une courte présentation des descripteurs audio⁸ utilisés dans les différents exemples :

- le **barycentre spectral** ou *spectral centroid* est une mesure du centre de la masse spectrale, il permet de mesurer la brillance du spectre ;
- le **spectral rolloff** est calculé à partir de la FFT et indique la fréquence en dessous de laquelle se concentre 80% de l'énergie du signal⁹. Comme le barycentre spectral, ce descripteur permet de visualiser la brillance du signal sonore ;
- la **variance spectrale** est utilisée en complément des deux précédents. Elle permet de mesurer le coefficient de dispersion du spectre autour de son barycentre ;
- l'**amplitude RMS** ou *root mean square amplitude* correspond à 0,707 fois l'amplitude de crête du signal ;
- le **loudness** est une mesure psychoacoustique de l'intensité sonore ;
- l'**inharmonicité**, comme le *spectral flatness*, permet de mesurer le niveau de bruit dans un signal ;
- la **déviations spectrale** ou *standard spectral deviation* mesure la déviation des fréquences autour du barycentre spectral ;
- les **MFCCs** ou *mel-frequency cepstral coefficients* mesurent l'énergie du spectre par bandes de fréquence. Nos graphiques sont ensuite basés sur une moyenne de ces différentes bandes.

Ces descripteurs audio apparaissent dans nos exemples sous la forme de graphiques simples, de graphiques en nuage de points ou de matrice de similarité. Si les deux premiers sont d'un usage assez courant, la matrice de similarité nécessite une courte

⁸ Pour un descriptif plus complet, le lecteur consultera : PEETERS, Geoffroy, « A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the CUIDADO project », 2004, en ligne : http://recherche.ircam.fr/anasyn/peeters/ARTICLES/Peeters_2003_cuidadoaudiofeatures.pdf ou ORIO, Nicola, « Music Retrieval: A Tutorial and Review », *Foundations and Trends in Information Retrieval*, vol. 1, n° 1, 2006, p. 1–96, en ligne : <http://graphics.nju.edu.cn/course/webinformationretrival/books/music01.pdf>.

⁹ Nous avons ici utilisé la valeur de 80% mais le spectral rolloff peut être calculé à partir de n'importe quelle valeur.

explication. Une des difficultés lorsque l'on utilise des listes de valeurs, comme des descripteurs audio, réside dans l'interprétation de ces données. La matrice permet de révéler les similarités entre les valeurs, elle ne représente donc pas les valeurs elles-mêmes. La création d'une matrice de similarité ou d'autosimilarité est réalisée à partir du calcul de la distance de chaque valeur entre elles. Les valeurs numériques sont ensuite remplacées par des couleurs afin de faciliter leur interprétation. La ligne apparaissant en diagonale de bas en haut et de gauche à droite représente l'exacte similarité des valeurs avec elles-mêmes. Son interprétation visuelle consiste à repérer les zones de couleurs identiques par bandes verticales et correspondantes à des similitudes au niveau des propriétés sonores.

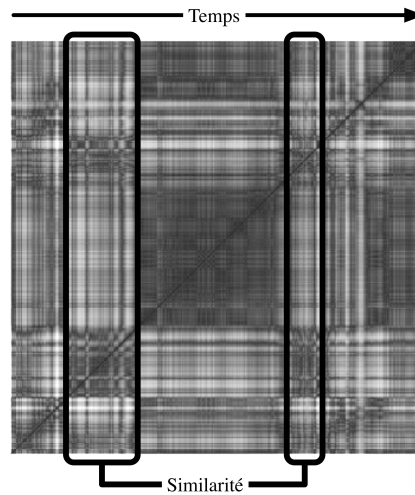


Figure 1 : la visualisation de deux moments de similarité sur une matrice d'autosimilarité.

Nous avons aussi utilisé un graphique nommé BStD¹⁰ (*Brightness Standard Deviation*) qui permet de représenter une évolution du timbre sur une seule courbe à l'aide de trois descripteurs : la valeur Y (barycentre spectral), l'épaisseur de la courbe (variance spectrale) et la couleur en dégradé (amplitude). Nous l'avons détourné pour certains exemples en utilisant des descripteurs différents.

¹⁰ 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 et JM. Bardez dir. *L'analyse musicale aujourd'hui, crise ou révolution*, Paris, Delatour, 2015, p. 111-128.

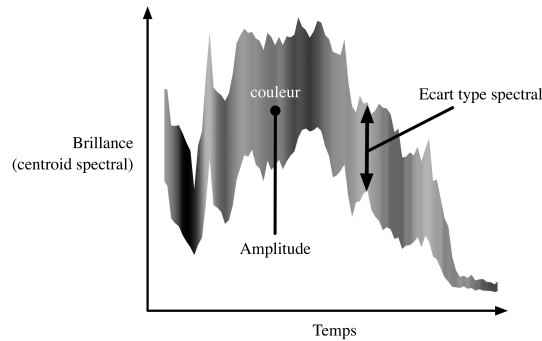


Figure 2 : les valeurs représentées par la courbe BStD.

Ces techniques d'extraction d'information et de représentation nous ont permis d'analyser le matériau sonore et son évolution musicale non pas en terme d'unités morphologiques mais d'une manière continue, sous la forme d'un flux. Ces représentations analytiques se substituent aux transcriptions morphologiques ou fonctionnelles que nous avons utilisées par le passé¹¹. Nous analysons ici l'évolution d'un matériau, ses métamorphoses, et la manière dont certaines singularités rythment son parcours.

2. Transformations-Métamorphoses

L'ample respiration qui caractérise ce mouvement est obtenue par un nombre très important de textures en transformations progressives. Il est difficile de rendre compte de la complexité de ces transformations et de la richesse musicale élaborées par François Bayle. Si le matériau est toujours d'une grande limpidité, laissant l'auditeur voir à travers et percevoir les plus infimes détails, la réalisation de la transformation est bien souvent complexe et résulte d'un équilibre très subtil entre plusieurs masses sonores.

L'exemple de la figure 3¹² se situe à la fin du premier tiers du mouvement. Lors de l'écoute, cet extrait révèle la lissité du matériau et la fluidité des transformations qui permettent de passer par différents états de la matière. Les représentations de cet exemple font apparaître cinq étapes de différentes durées : 0'08 – 0'24 – 0'19 – 0'07 – 0'04. Ces différentes étapes apparaissent clairement sur la matrice de similarité sous la forme d'opposition de masses ou de variation de textures. Le graphique en nuage de points révèle aussi que chacune de ces étapes possède des caractéristiques bien délimitées : nuage étendu au centre, nuage étendu en bas, nuage resserré, nuage dispersé et nuage étendu en bas. Ces nuages caractérisent le

¹¹ Par exemple : COUPRIE, Pierre, « Analyse comparée des *Trois rêves d'oiseau* de François Bayle », *Demeter*, 2003, article en ligne : <http://demeter.revue.univ-lille3.fr/analyse/couprie.pdf>.

¹² Nous rappelons que les analyses des exemples font référence aux versions vidéos en couleurs présentées sur le support multimédia qui accompagne l'ouvrage. Les versions images en niveaux de gris ne sont présentées dans le texte qu'à titre indicatif.

timbre du matériau (*spectral rolloff* et amplitude RMS) et le passage entre eux se fait essentiellement avec des fondus enchaînés très rapides.

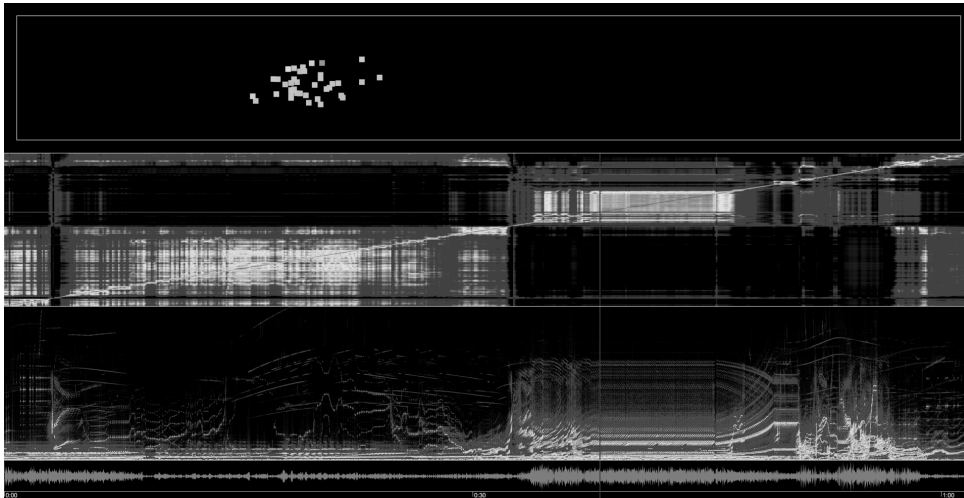


Figure 3 : (9'02-10'04) forme d'onde, sonagramme, matrice de similarité sur l'image du sonagramme, graphique (X : *spectral rolloff*, Y : amplitude RMS, couleur : inharmonicité).

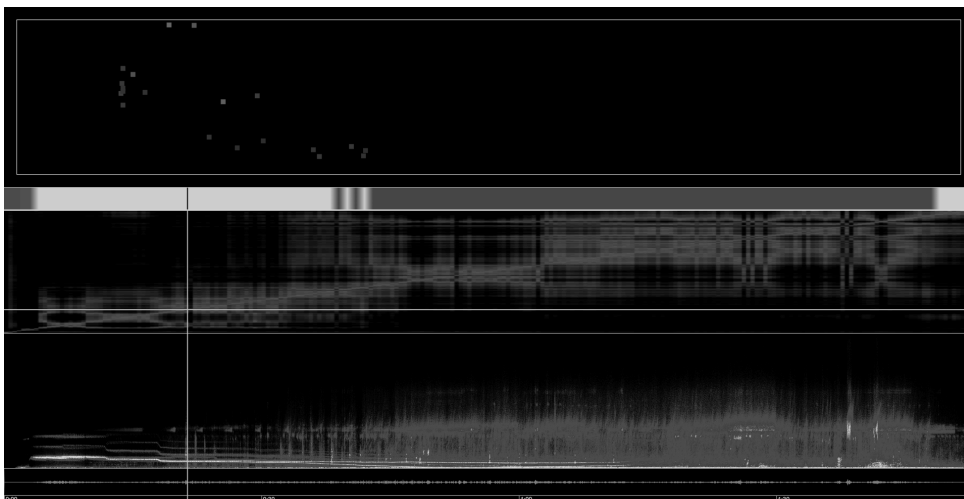


Figure 4 : (18'15-20'08) forme d'onde, sonagramme, matrice d'autosimilarité (*spectral rolloff*, MFCCs, amplitude RMS, *spectral flatness*), MFCCs échantillonnés sur 4 valeurs, graphique (X : *spectral rolloff*, Y : amplitude RMS, couleur : MFCCs).

Si l'exemple précédent montre une transformation dont les étapes sont assez rapides et dont les points de transition sont très courts, l'exemple de la figure 4 révèle une transformation très lente d'une texture constituée de tenues en vibrato vers une texture complexe bruitée. La matrice de similarité réalisée à partir de plusieurs descripteurs met en évidence cette longue transition. Les couleurs du

nuage de point (MFCCs) montre comment le compositeur introduit progressivement un matériau différent (couleur rose) une première fois à 0'21 puis progressivement jusqu'à 1'02 : la seconde texture est alors complètement installée.

Ces deux exemples pourraient être multipliés pour montrer la variété des modes de transformation du matériau. Les représentations permettent de suivre les transitions en soulignant les moments pendant lesquels le matériau bascule d'un état à l'autre. La représentation complète du mouvement guidera le lecteur dans ces métamorphoses musicales.

3. Geste morphologique

Si les transformations permettent le passage d'un matériau à un autre, les gestes morphologiques articulent des ruptures, des hésitations, des balancements, des apparitions ou des dissolutions. Le geste apparaît dans « Grandeur nature » comme un moment dans lequel le temps semble s'être arrêté. L'exemple de la figure 5 est probablement le plus beau geste de cette partie. Le matériau se cristallise progressivement dans une texture cannelée pour s'étirer en donnant une impression d'infini. La courbe BStD révèle le resserrement progressif du spectre et la création du geste.

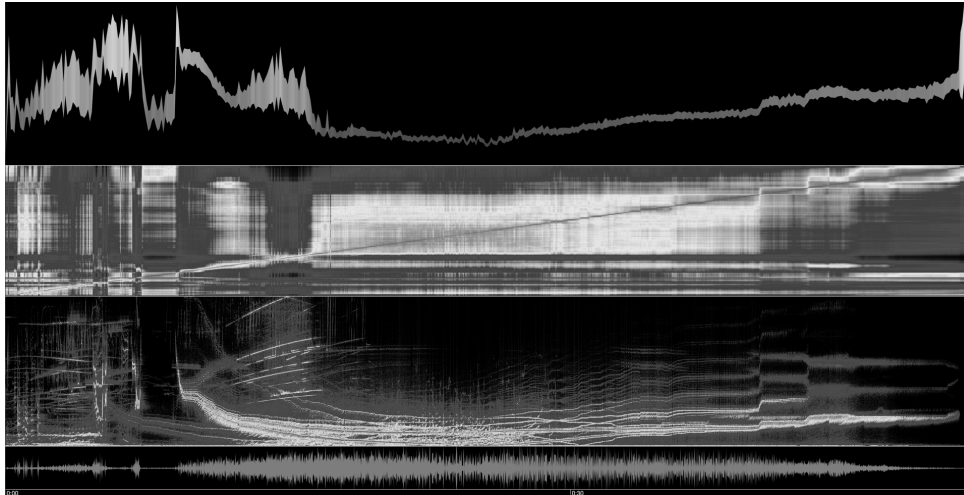


Figure 5 : (12'19-13'11) forme d'onde, sonagramme, matrice de similarité sur l'image du sonagramme, graphique BStD (Y : barycentre spectral, épaisseur : variance spectrale, couleur : déviation spectrale).

Dans cet exemple, le geste devient une singularité en rompant avec les transformations continues du matériau, proposant une pause. Ce geste morphologique se retrouvera dans la figure 9 masqué par un matériau très dense.

L'exemple de la figure 6 propose un autre type de geste construit sur le balancement des hauteurs d'une manière abrupte ou sous la forme de glissandi. Le graphique en

nuage de points met en évidence ce balancement en révélant une alternance entre des nuages de formes différentes : étendu, resserré, dispersé.

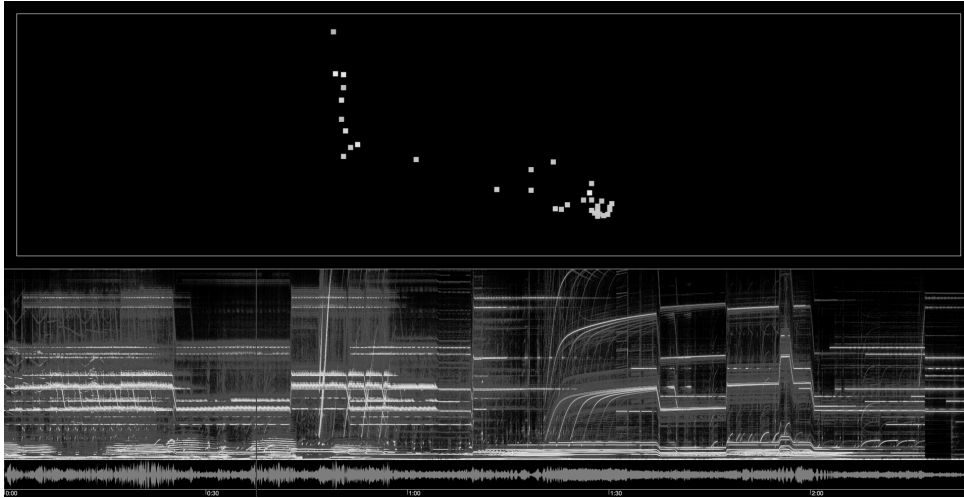


Figure 6 : (4'13-6'37) forme d'onde, sonagramme, graphique (X : *spectral rolloff*, Y : amplitude RMS, couleur : inharmonicité).

La transformation progressive du matériau est parfois émaillée de moments irréguliers sans toutefois relever de l'instabilité. La courbe de BStD de l'exemple de la figure 7 montre l'irrégularité du matériau : les variations sont continues et il est difficile de visualiser des structures ou des récurrences. Cet exemple intervient vers le milieu du mouvement juste avant la bascule dans ce que nous avons analysé comme la quatrième partie¹³. Cette partie sera la transition entre les deux moitiés de l'œuvre, la deuxième moitié commençant par une longue respiration dans laquelle le matériau est stationnaire. Cette irrégularité renouvelle l'écoute en proposant plusieurs conduites selon le plan sonore suivi, les plans sonores s'enchevêtrant les uns dans les autres comme dans une tresse. Le geste devient alors multiple, chaque plan sonore passant devant le précédent par un geste spécifique. Les différents plans sonores apparaissent sur le tracé spectral comme sur un palimpseste.

¹³ Les sept parties analysées dans ce mouvement sont présentées dans la représentation complète de « Grandeur nature ».

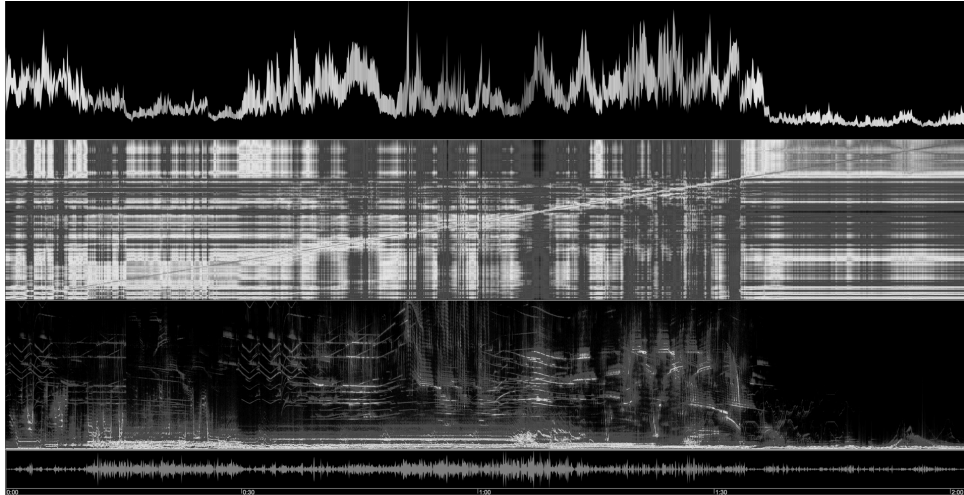


Figure 7 : (14'49-16'52) forme d'onde, sonagramme, matrice de similarité sur l'image du sonagramme, graphique BStD (Y : barycentre spectral, épaisseur : variance spectrale, couleur : amplitude RMS).

Cette manière de gérer les plans sonores est très présente dans « Grandeur nature » : le compositeur crée une texture changeante à partir de plans qui s'échangent par des effets de balancements. L'exemple de la figure 8 est caractéristique de ce type de traitement du matériau. François Bayle joue sur la présence plus ou moins forte de pédales dans le registre grave afin de faire basculer au second plan une texture complexe de sons harmoniques qui occupent pratiquement l'intégralité du spectre. Cet effet de balancement apparaît dans la matrice de similarité réalisée à partir de l'image du spectre. Si ce dernier laisse entrevoir un noir vers 1'15, la matrice révèle plus précisément ces différences spectrales.

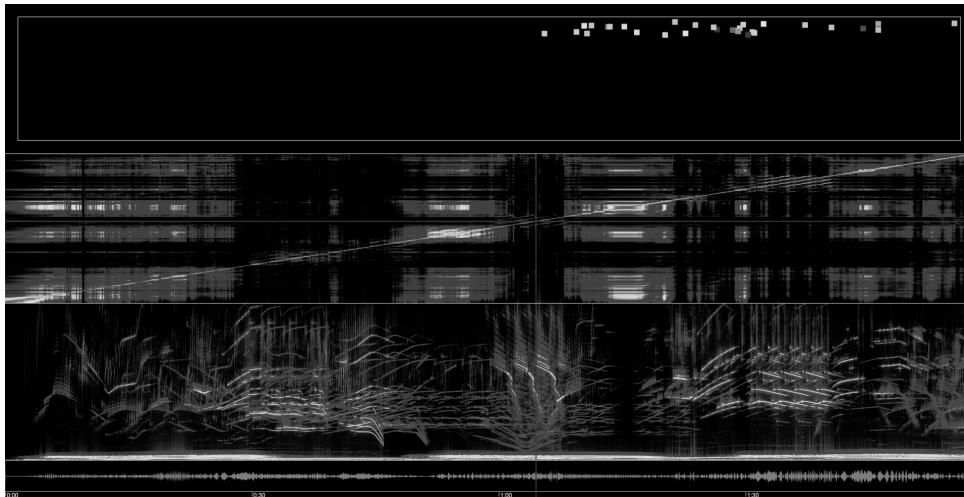


Figure 8 : (0'00-1'58) forme d'onde, sonagramme, matrice de similarité sur l'image du sonagramme, graphique (X : *spectral rolloff*, Y : *loudness*, couleur : inharmonicité).

Les gestes morphologiques révèlent bien souvent des mouvements dans la structure de la musique. Ainsi les effets de balancement influent sur l'évolution du matériau et sur la forme musicale elle-même. Si nous proposons une forme en sept parties dans la représentation complète du premier mouvement, une analyse détaillée des structures intervenantes dans la constitution de la forme ressemblerait plutôt à une tresse. Chacun des gestes morphologiques soutenant un balancement à plusieurs niveaux et tressant les différents plans sonores sans qu'il y ait de hiérarchie entre eux.

4. Conduite d'écoute

Le troisième axe analytique de « Grandeur nature » concerne les conduites d'écoute. Chaque auditeur a sa propre conduite et alterne bien souvent plusieurs d'entre-elles. Avec la musique de François Bayle, ce parcours auditif très personnel est inscrit au cœur même de l'œuvre. Le compositeur aménage des polysémies dans l'évolution du matériau musical. Les représentations de l'exemple de la figure 9 révèlent une conduite double. En suivant la matrice de similarité, l'extrait laisse entrevoir quatre parties (0'00, 0'53, 1'53, 2'29). Par contre, en suivant le graphique BStD, l'évolution semble plutôt uniforme en tournant autour d'une valeur moyenne malgré ses quelques variations. Le sonagramme laisse entrevoir un son répétitif entre 8 et 9 Khz qui traverse l'intégralité de l'extrait. Lors de l'écoute, ce son ne peut être détaché du reste, il participe au mixage et crée une sorte de fil conducteur.

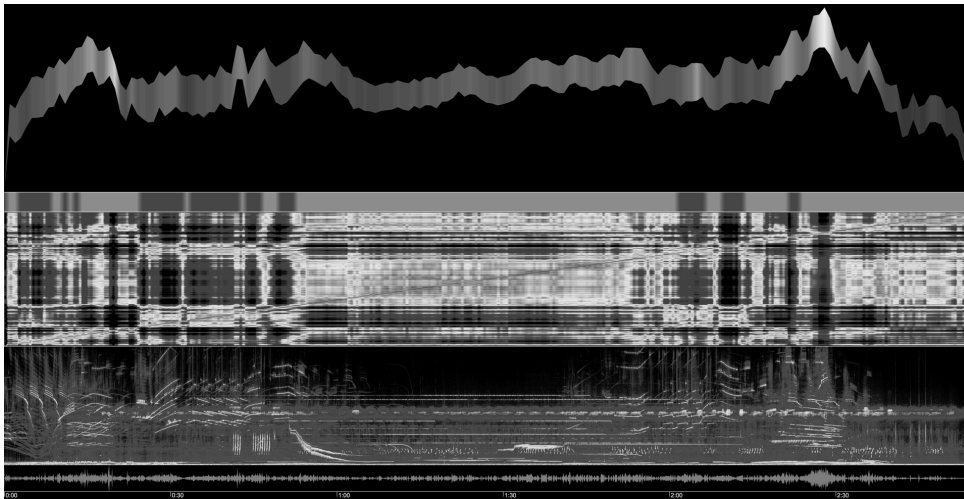


Figure 9 : (21'16-23'10) forme d'onde, sonagramme, matrice d'autosimilarité (barycentre spectral, amplitude RMS, inharmonicité, variance spectrale), MFCCs échantillonnés sur 3 valeurs, graphique BStD (Y : MFCCs, épaisseur : *spectral rolloff*, couleur : amplitude RMS).

Ces différentes conduites perçues lors des différentes écoutes sont ainsi révélées par les représentations.

5. Introduction à la représentation globale

Dans la représentation globale de « Grandeur nature », nous avons décidé de juxtaposer six graphiques (de bas en haut) :

- la forme d'onde ;
- le sonagramme ;
- la matrice d'autosimilarité calculée à partir de quatre descripteurs audio (*spectral rolloff*, *loudness*, variance spectrale et moyenne des MFCCs) ;
- une courbe BStD de trois descripteurs audio (Y : barycentre spectral, épaisseur : variance spectrale, couleur : *loudness*) ;
- une représentation de la moyenne des descripteurs audio de MFCCs échantillonnés à 12 valeurs ;
- notre segmentation des parties de ce premier mouvement.

Les deux premières représentations (forme d'onde et sonagramme) sont paginées afin de visualiser les détails dans l'évolution de l'amplitude et du spectre. Les quatre autres représentations apparaissent dans une vue synoptique, ce qui permet de repérer les singularités et les récurrences. Cet ensemble compose une représentation analytique assistant le musicologue dans l'analyse de l'œuvre et proposant des conduites d'écoute complémentaire pour l'auditeur. Selon la représentation où porte l'œil, il pourra discerner de larges mouvements de transitions ou des gestes morphologiques inscrits dans le détail du matériau.

Conclusion

L'analyse de ce premier mouvement de *Son Vitesse-Lumière* nous a permis d'expérimenter l'utilisation de représentations acoustiques basées sur le tracé spectral et sur l'usage de descripteurs audio. L'œuvre de François Bayle se révèle être particulièrement adaptée à ce type de représentation. Le sonagramme est très lisible, le compositeur orchestre les différents sons en les étageant sur l'ensemble de l'échelle des fréquences et en veillant à ne pas créer d'effets de masque trop prononcés. De plus, l'usage de gestes morphologiques permettant aux différents plans sonores de parfaitement se détacher les uns des autres facilite l'utilisation du sonagramme comme transcription morphologique. L'analyse par descripteurs bénéficie aussi de cette lisibilité et permet d'obtenir des résultats bien contrastés tout en restant normalisés sur l'ensemble du mouvement.

Notre analyse a permis de mettre en évidence l'usage de transformations progressives des matériaux afin d'obtenir un flux musical continu. Les quelques saillances analysées sous la forme de gestes morphologiques ou de mouvements dans l'alternance des plans sonores renforcent la perception de cette ample respiration.

Références bibliographiques

BAYLE, François, « L'image de son, ou i-son. Métaphore/Métaphorme », in S. McAdams, I. Deliège (éd.) *La musique et les sciences cognitives*, Paris, Mardaga, 1989, p. 235-242.

BAYLE, François, *50 ans d'acousmatique*, Paris, INA-GRM/Magisson, 2012, INA_G 6033/47.

CASTANET, Pierre-Albert, « La théorie des catastrophes de René Thom et l'avènement du temporel dans les œuvres musicales de François Bayle et de Hugues Dufourt », in *Analyse et création musicales*, Paris, L'Harmattan, 2001, p. 101-118.

CHION, Michel, REIBEL, Guy, *Les musiques électroacoustiques*, Paris, Edisud/INA-GRM, 1976.

COUPRIE, Pierre, « Analyse comparée des *Trois rêves d'oiseau* de François Bayle », *Demeter*, 2003, en ligne : <http://demeter.revue.univ-lille3.fr/analyse/couprie.pdf>.

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 et JM. Bardez dir. *L'analyse musicale aujourd'hui, crise ou révolution*, Paris, Delatour, 2015, p. 111-128.

ORIO, Nicola, « Music Retrieval: A Tutorial and Review », *Foundations and Trends in Information Retrieval*, vol. 1, n° 1, 2006, p. 1-96, en ligne : <http://graphics.nju.edu.cn/course/webinformationretrival/books/music01.pdf>

PEETERS, Geoffroy, « A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the CUIDADO project », 2004, en ligne : http://recherche.ircam.fr/anasy/peeters/ARTICLES/Peeters_2003_cuidadoaudiofeatures.pdf.