

Analyse et représentation du fantastique dans les musiques anecdotiques de Luc Ferrari

Pierre Couprie

pierre.couprie@paris-sorbonne.fr

Université Paris-Sorbonne, Institut de Recherche en Musicologie (UMR 8223)

« [...] j'aime bien m'exprimer en associant l'inconscient à une réflexion solide. Il y a conflit entre risque et certitude. Dans la mesure où je travaille à partir de la sensibilité, j'englobe dans ma perception la mienne et celle des spectateurs. Ça peut sembler primaire, mais c'est une position philosophique¹. »

1 De la musique anecdotique au fantastique

Le paysage sonore est une catégorie bien spécifique du genre électroacoustique, il met en valeur les caractéristiques esthétiques d'enregistrements d'environnements sonores. Ces derniers proviennent généralement d'environnements naturels mais peuvent aussi intégrer des captations urbaines d'activités humaines ou mécaniques. Les compositeurs produisent leurs œuvres avec les techniques habituelles de la musique électroacoustique – montage, mixage et transformations temporelles et/ou spectrales –, l'objectif restant la reconnaissance des sons ou d'une partie d'entre eux dans leur contexte. Le compositeur joue très souvent avec l'aspect dramaturgique de l'enregistrement, proposant ainsi une histoire sonore ou laissant l'auditeur naviguer au gré de son imagination.

Au milieu des années 1960, avant l'apparition du paysage sonore dans la création musicale, Luc Ferrari imagine une œuvre, *Hétérozygote* (1964), mêlant musique et dramaturgie, le titre provenant de la biologie et désignant un individu « porteur de deux gènes différents (récessif et dominant) sur chaque chromosome d'une même paire² ». Cette mixité – la reconnaissance d'un environnement enregistré porteur d'une certaine forme de dramaturgie et le travail de composition musicale au niveau du matériau et de la forme – deviendra la signature du compositeur et influencera à différents niveaux l'ensemble des œuvres qui se rattacheront au paysage sonore. Chez Luc Ferrari, la part musicale du travail de composition est souvent très subtile, le compositeur modifie le déroulement temporel sans que cela soit perceptible ou crée des manipulations avec lesquelles l'auditeur n'est jamais vraiment sûr de savoir à quel moment elles commencent ou se terminent. De même, la construction dramatique, portée par les enregistrements d'environnements, est très souvent rehaussée de sons extérieurs, de transformations ou même de la propre voix du compositeur.

Associer le fantastique et la musique anecdotique de Luc Ferrari m'a semblé évident dès les premières recherches sur le sujet. Toutefois, le fantastique chez ce compositeur ne correspond pas à celui que l'on pourrait trouver dans la littérature et les arts du XIX^e siècle, il se rapproche plutôt du terme « fantasque » à travers les notions d'originalité, de mobilité ou de changement rapide. La musique de Luc Ferrari échappe ainsi à toute prévisibilité, le compositeur n'hésite pas à nous surprendre en ouvrant de nouvelles portes comme dans la pièce radiophonique *Far-West News* (1999), en faisant basculer un environnement à l'aide de quelques matériaux bien choisis comme avec l'orage qui déchire le paysage dans le *Presque*

¹ Caux, Jacqueline, *Presque rien avec Luc Ferrari*, Paris, Main d'œuvre, 2002, p. 103.

² « Hétérozygote », *Le Grand Robert de la langue française*, Paris, 2013, version électronique.

rien n°2 (1977) ou en amplifiant un son présent en arrière-plan de l'enregistrement comme avec les bruits de la rue d'un village italien dans le *Presque rien n°4* (1989). Mais cet aspect « fantasque » est aussi représenté par le paysage intérieur du compositeur, sa perception. L'auditeur est régulièrement confronté à la voix de Luc Ferrari commentant ce qu'il perçoit, ce qui l'intéresse ou non ou ce qu'il pense, mais aussi à des thématiques très personnelles comme avec *Le Presque rien n°2 Ainsi continue la nuit dans ma tête multiple* (1977) ou *Les Arythmiques*³ (2010).

L'analyse du fantastique chez Luc Ferrari peut prendre différentes formes. Fidèle à mes travaux de recherches, j'ai choisi de mettre en évidence les techniques de représentation acoustiques à même d'aider l'analyste dans son exploration ou son étude détaillée des moments où l'on bascule de l'anecdotique réaliste à un paysage irréel. Dans ses œuvres, le compositeur utilise très souvent un processus ou un matériau sonore permettant de basculer d'une forme de réalité à une forme d'irréalité qu'elle soit extérieure ou qu'elle relève plutôt de sa propre imagination. Entre ces deux types de paysages, il existe de nombreuses variantes dans lesquelles la bascule prend plus ou moins de temps ou est plus ou moins aboutie, les deux paysages pouvant aussi cohabiter, chaque œuvre est un cas particulier.

2 La représentation spectrale des paysages sonores

Une des principales difficultés de la représentation acoustique de paysages sonores réside dans le choix du sonagramme. Les matériaux sonores présents dans les œuvres de Luc Ferrari occupent généralement le premier tiers du spectre, les deux autres tiers étant occupés par des fréquences peu ou pas perceptibles, voire des défauts de l'enregistrement ou de certains effets. Dans le sonagramme du bas de la figure 1⁴, nous remarquons la très grande uniformité de la répartition des fréquences. Quelques zones situées dans la partie basse du spectre (1) apportent des renseignements quant aux différents types de matériaux, elles sont malheureusement trop petites pour être réellement lisibles. De même, la fréquence présente vers 16kHz (2) n'est pas perceptible et provient probablement d'un défaut de l'enregistrement ou d'un effet. Notons que ce défaut nous apporte des informations quant aux points de montage de la pièce. Le sonagramme du haut de la figure résulte d'une analyse en ondelettes⁵ dans laquelle l'échelle des fréquences est logarithmique. Ce type de calcul met en évidence les fréquences fondamentales des sons harmoniques et la partie basse des sons complexes. Appliqué sur cette pièce de Ferrari, le calcul en ondelettes révèle les sons étrangers au paysage sonore. Nous voyons clairement apparaître des sons harmoniques (3) en tenues ou en nuages de sons ainsi

³ Extrait de la notice de la pièce *Les Arythmiques* : « Le matin du 29 mai 2003 quand je me suis réveillé je ne pouvais plus respirer. On m'a transporté aux urgences et là on m'a dit que j'avais une arythmie cardiaque. Ils m'ont fait un électrocardiogramme et ils me l'ont montré. J'ai trouvé que les arythmies n'étaient pas très intéressantes que je pouvais faire mieux. C'est à ce moment-là que j'ai décidé de faire une composition électroacoustique qui s'appellerait "les arythmiques". Ensuite ils m'ont dit pour rétablir le rythme cardiaque il faut faire un choc électrique. On m'a mis sur un lit roulant j'ai attendu dans un couloir plutôt froid pendant deux heures. J'ai donc eu le temps de réfléchir. Et comme on dit d'un noyé qui repasse toute sa vie, j'ai décidé d'utiliser tous les sons que j'avais enregistré en voyage ces dernières années. En les rendant arythmiques. On m'a enfin endormi et on m'a probablement fait un choc électrique dont je ne me souviens pas. C'est pourquoi, en sortant de l'hôpital j'ai essayé de reconstituer en studio le son du choc que je n'avais pas entendu. Avec ce son, qui revient périodiquement à chaque fois que je change de tableau j'ai rythmé la composition. Cette composition curieusement s'écoute à l'endroit. Mais j'ai essayé qu'on s'en souvienne à l'envers. Comme j'ai déjà remonté un village en Italie là, j'ai essayé de remonter le temps. C'est pas facile. » (Ferrari, Luc, *L'œuvre électronique*, Paris, INA-GRM, livret, p. 47-48).

⁴ Sauf indication, les figures ont été réalisées dans le logiciel EAnalysis (<http://eanalysis.pierrecouprie.fr>).

⁵ Le sonagramme en ondelette est calculé avec une taille de fenêtre variable rendant ainsi la visualisation des fréquences basses très détaillées. Le sonagramme est ici calculé avec le logiciel Acousmographe développé au Groupe de recherches musicales de l'INA (<http://www.inagrm.com/accueil/outils/acousmographe>).

que des attaques très rapprochées (4) révélant des effets de brassage ou de mixage serrés. Ce premier exemple montre comment différencier des matériaux provenant soit de l'environnement sonore servant de base à l'œuvre, soit d'effets et de transformations.

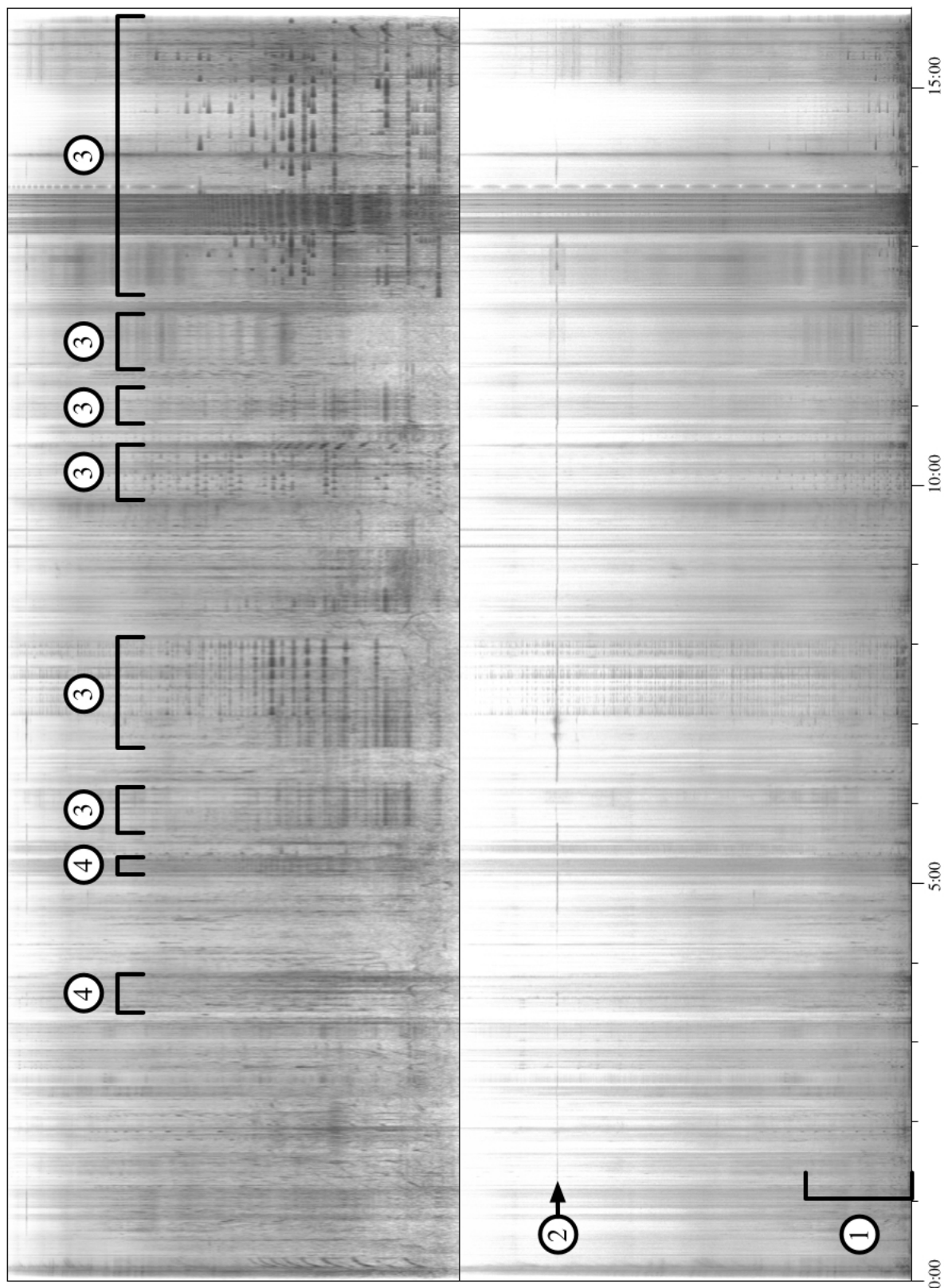


Figure 1 : *Presque rien n°4 La remontée du village* (1990-1998), sonagramme linéaire 0-20kHz (bas) et sonagramme en ondelettes (haut).

Dans cette œuvre, le compositeur joue avec la perception de l'auditeur en proposant tout d'abord des transformations légères de certains sons extraits de l'environnement sonore (4). Ces transformations résultent de mise en boucle ou de brassages répétitifs. L'auditeur se perd facilement et il n'est pas aisé de déterminer l'emplacement temporel exact du début de ces transformations. Luc Ferrari enchaine ensuite avec des incrustations de sons (3) qui semblent être extérieurs à l'environnement. Elles contiennent des sons harmoniques et sont par conséquent bien différenciées des autres sons. Ces deux types de matériaux sont perçus comme extérieur au paysage sonore – la ballade dans les rues de la ville –, ils représentent donc ici la zone d'irréalité du paysage. Ce jeu avec la perception de l'auditeur afin de l'amener progressivement d'un paysage réel à un paysage imaginé est caractéristique du compositeur.

L'usage du sonagramme en ondelettes ne s'impose pas forcément pour toutes les analyses, seules celles nécessitant une étude précise du bas du spectre (0-6kHz) le requièrent. Ainsi, dans la figure 2, l'étude de cet extrait du *Presque rien n°2* (1977) portera plutôt sur la dispersion temporelle d'un son répétitif apparaissant comme complexe dans sa première apparition (1) et se découvrant progressivement comme un assemblage de trois sons (2). La forme d'onde et le sonagramme linéaire suffisent amplement pour révéler cette séparation progressive⁶.

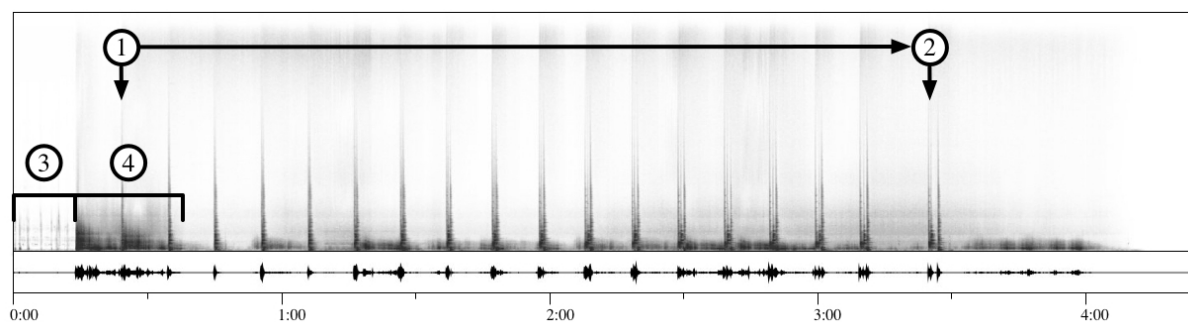


Figure 2 : troisième partie du *Presque rien n°2* ou *Ainsi continue la nuit dans ma tête multiple* (1977), forme d'onde (bas) et sonagramme linéaire 0-20kHz (haut).

Dans la troisième partie d'*Ainsi continue la nuit dans ma tête multiple*, le compositeur parle dans l'enregistrement (3) – « Et... la nuit se continue... c'est vrai... elle est complètement déchirée... ma tête » –, éclate alors l'orage (4) qui se prolonge dans le son complexe (1). Le compositeur nous fait ici basculer dans son imaginaire intérieur, l'orage devient alors à la fois l'illustration et le déclencheur du déchirement. Malgré les coups réguliers du son complexe, le temps se déchire aussi, on ne sait plus si l'orage arrive comme illustration ou se superpose aux paroles du compositeur.

Ces deux exemples simples illustrent l'usage du sonagramme dans l'étude des paysages sonores ou des musiques anecdotiques. Selon les cas, l'uniformité spectrale des paysages peut être un avantage en mettant en évidence les sons étrangers mais l'étude précise des paysages mêmes devient difficile, leur uniformité joue contre l'analyste. Il va donc falloir trouver des moyens d'analyse et de représentation plus adaptés, ce sera le rôle des descripteurs audio.

⁶ Les trois sons sont visibles dans la dernière itération au niveau de la forme d'onde mais les deux premiers sons apparaissent comme un seul sur le sonagramme.

3 Les descripteurs audio dans l'analyse des paysages sonores

3.1 Un choix de descripteurs pour l'analyse de la musique électroacoustique

Les premières recherches sur l'extraction d'informations à partir d'enregistrement audio remontent au début du XX^e siècle⁷ mais c'est à partir des années 1990 qu'elles prirent leur essor. En effet, le développement important des banques de fichiers audio numériques nécessite des outils permettant de les analyser et de les manipuler plus facilement. Les techniques développées en analyse de contenu audio⁸ (*Audio Content Analysis* ou ACA) offrent un certain nombre de méthodes pour l'analyse de signaux audio comme la reconnaissance de timbre, la classification automatique de son, la reconnaissance de mélodies, d'enchaînements harmoniques, de rythmes ou de tempos. Ces méthodes consistent à extraire des descripteurs audio qui se présentent sous la forme d'algorithmes et peuvent être classés en deux catégories⁹ : les descripteurs de bas niveau utilisant des algorithmes relativement simples et robustes – amplitude, brillance spectrale, niveau de bruit, etc. – et les descripteurs de haut niveau produisant des données proches de celles qui sont manipulées par les musicologues mais qui peuvent être sujet à caution – fréquence fondamentale, détection d'attaques, reconnaissance d'instruments, de tempos, etc. Si les descripteurs de haut niveau produisent des données directement interprétables – liste de hauteurs musicales, de dates temporelles, de variations de tempo –, il n'en va pas de même des descripteurs de bas niveau qui se présentent généralement sous la forme de listes de valeurs. Or, c'est justement ces derniers qui seront utilisés dans cette présentation. Leur interprétation nécessite donc l'utilisation de représentations spécifiques adaptées au contenu musical. J'ai déjà mis en évidence les principaux descripteurs particulièrement bien adaptés au matériau de la musique électroacoustique¹⁰. De même, le développement de mon logiciel EAnalysis¹¹ m'a permis d'expérimenter de nouveaux types de représentations sonores pour l'analyse musicale¹², issues de recherches en acoustique musicale et en représentation de données¹³, et de proposer des méthodes d'interprétation¹⁴ de ces représentations.

J'ai étudié une dizaine de descripteurs audio répartis en trois catégories (intensité, spectre et niveau de bruits) permettant d'obtenir de bons résultats en électroacoustique. J'en utiliserai cinq dans cette étude :

⁷ Vers 1919, Carl Emil Seashore fabrique le tonoscope permettant d'extraire la hauteur d'un son enregistré sur un phonographe et d'en dessiner la courbe sur un cylindre.

⁸ Lerch, Alexander, *An Introduction to Audio Content Analysis. Applications in Signal Processing and Music Informatics*, Hoboken, Wiley, 2012, p. 1.

⁹ Pour de plus amples renseignements sur les principaux descripteurs : Peeters, Geoffroy, *A Large Set of Audio Features for Sound Description (Similarity and Classification) in the CUIDADO Project*, 2004, http://recherche.ircam.fr/anasy/peeters/ARTICLES/Peeters_2003_cuidadoaudiofeatures.pdf.

¹⁰ Couprie, Pierre, « Voyage dans "Grandeur nature", première partie de *Son Vitesse-Lumière* de François Bayle », in F. Bayle (éd.) *Son Vitesse-Lumière*, Paris, Delatour, en préparation.

¹¹ Couprie, Pierre, « EAnalysis: Developing a Sound Based Music Analytical Tool », in S. Emmerson, L. Landy (éd.), *Expanding the Horizon of Electroacoustic Music Analysis*, Cambridge, Cambridge University Press, 2016, p. 170-194.

¹² Ces représentations sont très utilisées depuis longtemps en analyse de données, mais leur usage en analyse musicale est très récent.

¹³ Ware, Colin, *Information Visualization: Perception for Design*, San Francisco, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2000.

¹⁴ Couprie, Pierre, « Prolégomènes à la représentation analytique des musiques électroacoustiques », *Circuit*, vol. 25, n° 1, 2015, p. 41-57.

1. le *spectral rolloff* qui mesure la fréquence au-dessous de laquelle se concentre un certain pourcentage de l'énergie spectrale (habituellement autour de 85%) ;
2. le *spectral skewness* qui indique la différence entre les deux parties du spectre séparées par le barycentre¹⁵ (moyenne spectrale) ;
3. l'amplitude RMS¹⁶ qui est une mesure de l'amplitude efficace du signal ;
4. le *loudness* qui est estimation de la perception auditive de l'intensité sonore ;
5. le *zero crossing rate* qui indique le taux de changement de signe du signal, c'est une mesure du niveau de bruit.

Le *spectral rolloff* et le *spectral skewness* permettent d'obtenir des résultats très proches mais le second sera plus efficace dans le cas d'un matériau hétérogène. L'amplitude RMS me permettra de rendre sensibles les représentations aux variations d'intensité (attaques, évolutions morphologiques, ruptures) et de contraster les graphiques. Enfin, le *zero crossing rate* sera très utile pour caractériser la densité et la complexité spectrale des matériaux.

3.2 Un premier type de représentation : la BStD

La figure 3 montre un exemple de l'usage de trois descripteurs (amplitude RMS, *spectral rolloff* et *zero crossing rate*). Le graphique en A permet de visualiser les trois listes de valeurs sous la forme de courbes simples. La visualisation de telles courbes facilite le suivi précis des valeurs mais rend difficile la mise en relation des trois descripteurs et l'interprétation de leurs corrélations. La courbe B en BStD¹⁷ (*Brightness standard deviation*), technique de représentation du timbre¹⁸ proposée par Malt et Jourdan¹⁹, facilite l'étude des corrélations de profils. Il devient aussi plus simple de mettre les valeurs des descripteurs en relation avec d'autres représentations comme le sonagramme.

¹⁵ Le barycentre ou *centroid spectral* mesure le centre de la masse spectrale. Ce descripteur caractérise la répartition des fréquences dans le spectre et notamment les variations verticales de la densité spectrale. Avec le *spectral rolloff* et le *spectral skewness*, ce sont les trois descripteurs qui permettent d'obtenir une indication de la brillance spectrale.

¹⁶ L'amplitude RMS, pour *Root Mean Square* (ou moyenne quadratique), correspond à l'amplitude continue équivalente en puissance sur une durée donnée. C'est la mesure la plus fréquente de l'amplitude.

¹⁷ 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.

¹⁸ Comme le souligne Denis Smalley, le timbre reste difficilement analysable en électroacoustique : « *One trouble with timbre is that it existed before electroacoustic music, and we therefore have to spend much time and intellectual energy extending or combating notions which were not necessarily designed for the music we make. A second trouble is that we now know too much about timbre. It is one of those subjects where the more you read and the more you have hands-on compositional experience the more you know, but in the process you become less able to grasp its essence. [...] The third trouble is that timbre means different things to different people.* » (Smalley, Denis, « Defining Timbre – Refining Timbre », *Contemporary Music Review*, vol. 10, n° 2, 1994, p. 35). Nous nous appuyons donc sur la définition donnée par Michel Chion : « [...] la *physionomie générale* qui nous fait identifier un son comme émanant d'un instrument déterminé (ou plus généralement d'une source déterminée, qui peut être imaginée ou imaginaire), se ramène donc à une *image* formée dans la mémoire auditive à partir de données variables et acoustiquement hétéroclites, image résultant souvent d'une appréhension hors temps, *en coupe*, des sons, récapitulés et saisis dans leur forme d'évolution globale une fois entendus. » (Chion, Michel, « La dissolution de la notion de timbre », *Analyse musicale*, no 3, 1986, p. 8). Il est alors possible de parler du timbre de différents matériaux mais aussi de timbres d'effets sonores différents appliqués sur le même matériau ou, comme c'est le cas dans cette œuvre de Luc Ferrari, du timbre d'un effet appliqué sur plusieurs matériaux.

¹⁹ Les auteurs proposent de représenter trois descripteurs en une seule courbe : l'amplitude ou la brillance avec la valeur Y, la variance ou l'écart type avec l'épaisseur et un descripteur de texture avec la couleur.

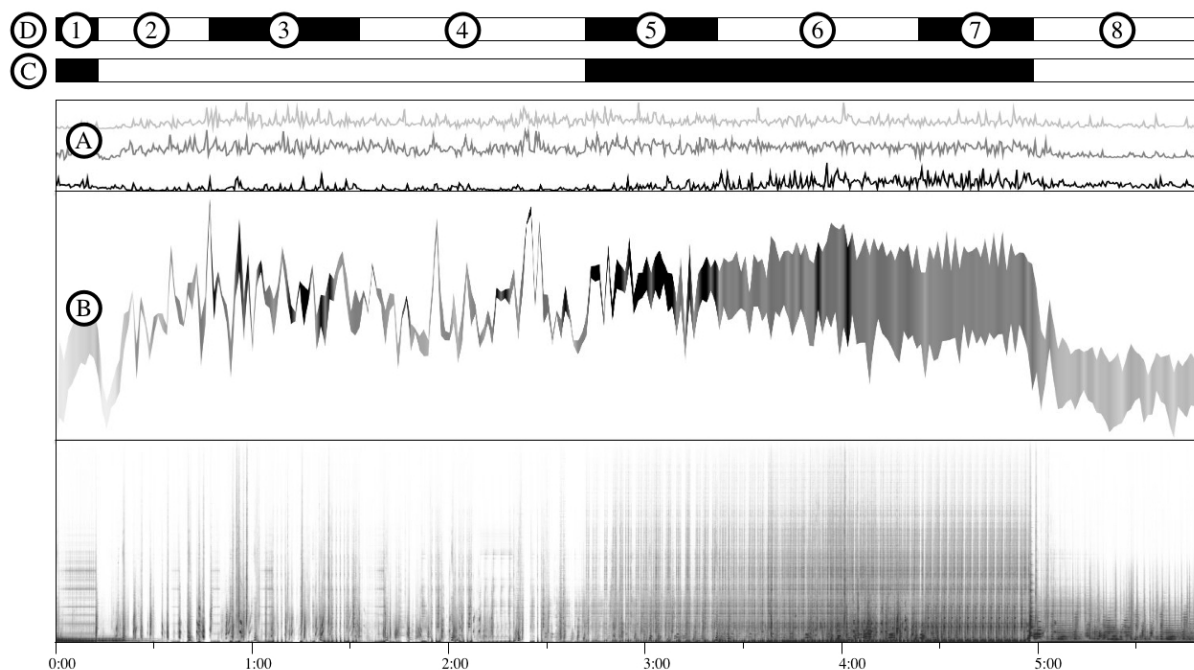


Figure 3 : cinquième partie des *Archives génétiquement modifiées* (2000). De bas en haut : sonagramme linéaire 0-20kHz, BStD (Y : *spectral rolloff* ; épaisseur : amplitude RMS ; couleur : *zero crossing rate*), descripteurs (amplitude RMS en noir, *spectral rolloff* en gris, *zero crossing rate* en gris clair), deux propositions de structure.

Les différents mouvements des *Archives génétiquement modifiées* (2000) constituent une œuvre composée à l'aide de matériaux, de séquences ou de fragments d'œuvres écrites par le compositeur dans les années 1970. L'objectif de Luc Ferrari était de développer une nouvelle écoute de ces sources et de réaliser un travail dont l'origine serait méconnaissable²⁰. Dans la cinquième partie, le compositeur utilise un matériau de base rythmique avec de fréquents décalages mélangé avec divers autres matériaux. L'ensemble subit une transformation spectrale assez forte laissant l'impression de sources artificielles et d'un seul et même timbre pour différentes morphologies et différentes empreintes spectrales²¹. L'observation du sonagramme permet de déduire assez facilement une structure en quatre parties (C) qui correspond à la mise en évidence des matériaux prédominants. En observant la courbe B, il est possible de faire un découpage structurel plus fin (D) en huit parties :

1. une introduction qui est la continuité de la quatrième partie de l'œuvre ;
2. une partie qui permet de lancer le matériau rythmique dominant ;
3. une section plus dense dans laquelle le compositeur met en évidence les transformations du matériau. La couleur indique une augmentation du *zero crossing rate* et donc de l'inharmonicité ;
4. un retour au calme, une sorte de pause ;
5. une augmentation progressive de l'intensité (l'amplitude en épaisseur) avec de fortes transformations du matériau (couleur du *zero crossing rate*) ;
6. l'augmentation de la densité continue ;
7. un plateau pendant lequel le matériau se stabilise ;

²⁰ Ferrari, Luc, *L'œuvre électronique*, Paris, INA-GRM, 2009, livret, p. 42-43.

²¹ Je parle d'empreinte spectrale pour caractériser l'organisation du spectre d'un fragment d'œuvre ou d'un matériau particulier. Si le spectre évolue généralement, sa configuration générale peut rester stable. Dans cette œuvre, le matériau est très mobile mais son empreinte spectrale change assez peu.

8. une partie finale faisant le lien avec la sixième partie de l'œuvre.

Cette courte analyse de la structure permet de mesurer l'apport des descripteurs audio sur l'étude des matériaux de la musique électroacoustique. Le choix des descripteurs nécessite quelques expérimentations mais le résultat facilite la réalisation et la présentation de l'analyse. De plus, le choix des descripteurs réalisé sur cette partie de l'œuvre fonctionne aussi sur les cinq autres parties. Cette méthode empirique qui est un des fondements de l'analyse musicale²² offre l'avantage d'enrichir les outils de représentation disponibles pour le musicologue. Les *Archives génétiquement modifiées* apparaissent comme une œuvre particulière dans le répertoire du compositeur. L'utilisation de matériaux et de fragments d'œuvres plus anciens nous offre un voyage dans son imaginaire, les souvenirs se transforment avec le temps, s'organisent en textures synthétiques irréelles ou en structures très mobiles. Sur le plan thématique, cette œuvre est aussi un lien avec les *Arythmiques* que nous allons maintenant étudier.

3.3 L'analyse des similarités

Une des techniques d'analyse de données consiste à ne représenter que les similarités entre les valeurs, c'est-à-dire leurs distances. La représentation met alors en évidence la répétition de certaines valeurs, la présence de valeurs très proches ou, à l'opposé, de valeurs très éloignées. Nous allons retrouver ici la notion d'empreinte spectrale dans laquelle les valeurs restant proches vont former un bloc uniforme et les changements importants produiront des modifications de l'empreinte. La représentation en matrice de similarité²³ (figure 4) permet d'associer plusieurs descripteurs et de représenter la distance entre leurs valeurs à l'aide d'un dégradé de couleurs allant du blanc (absence de similarité dans les valeurs) au noir (similarité des valeurs). Dans cette matrice, les deux axes représentent le temps, il est ainsi possible de visualiser la similarité d'une valeur à une date spécifique avec l'ensemble des autres valeurs en suivant une ligne verticale.

²² Cook, Nicholas, Clarke, Eric, « Introduction: What is Empirical Musicology? », in N. Cook, E. Clarke (éd.), *Empirical musicology Aims, methods, prospects*, Oxford, Oxford University Press, 2004, p. 3.

²³ Voir l'annexe pour une explication du principe de construction d'une matrice de similarité.

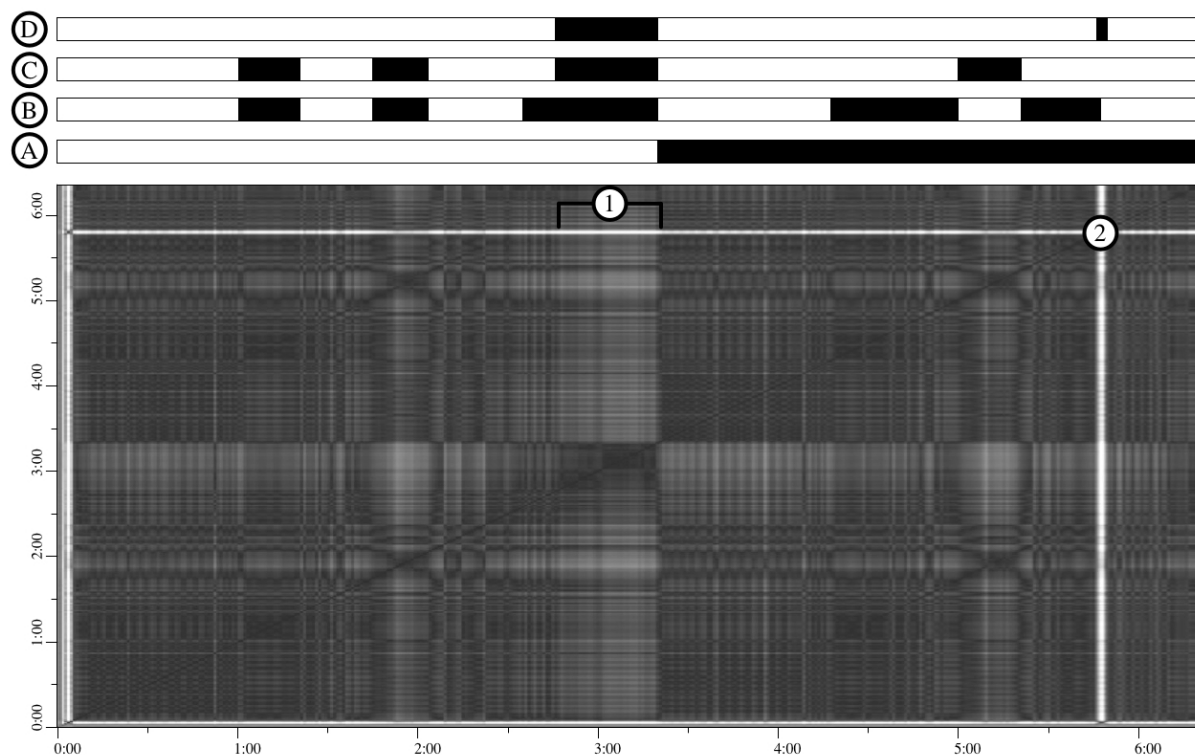


Figure 4 : première partie des *Arythmiques* (2003), matrice d'autosimilarité calculée sur les descripteurs d'amplitude RMS, *spectral skewness* et *zero crossing rate* et quatre propositions de structure.

L'observation de cette représentation permet de déduire la structure de l'œuvre en deux (A) ou 11 (B) parties en fonction du niveau de précision. Il est aussi possible de visualiser des oppositions d'organisation interne du spectre, par exemple l'opposition entre un temps strié ou pulsé représenté en blanc et un temps lisse en noir (C). Enfin, on retrouve certains de ces éléments de structure dans celle déduite d'une écoute globale (D). Comme pour la figure 3, le choix des descripteurs est essentiel, le rendu de la matrice et son interprétation dépendant bien évidemment des valeurs obtenues en mélangeant les descripteurs. Les expérimentations m'ont permis de mettre en évidence certaines règles simples pour l'analyse du matériau électroacoustique. L'idéal sera de sélectionner au moins trois descripteurs dans les trois catégories présentées précédemment : intensité, spectre et niveau de bruits. Ainsi, la figure 4 utilise l'amplitude RMS dans la catégorie intensité, le *spectral skewness* comme descripteur de spectre et le *zero crossing rate* pour le niveau de bruit.

Avec les *Arythmiques*, Luc Ferrari nous ouvre la porte de son univers intérieur. Comme présentée précédemment (voir la note 2), cette pièce a été composée après une hospitalisation, le compositeur a imaginé un son électrique présent dans la majeure partie de ce mouvement. Si une première écoute (D) permet de différencier facilement les trois types de spectre ici présents – le son électrique représenté en blanc sur la ligne de structure D, le son de nature avec des oiseaux (1) et un son énergique complexe (2) rappelant celui présent au début du second mouvement du *Presque rien avec filles* (1989) –, l'utilisation de descripteurs audio nous apporte des renseignements supplémentaires sur les variations présentes dans le son électrique. L'opposition temps lisse/strié (C) est la plus visible, le son électrique est constitué d'impulsions suivies de tenues, les impulsions cessent dans les parties lisses. La combinaison entre l'écoute et les informations apportées par les descripteurs mettent en évidence une alternance entre deux états de la matière sonore – lisse/strié, électrique/naturel, partie 1/partie 2 – qui est présente à plusieurs niveaux de l'œuvre. Cette alternance ne peut manquer de faire écho à ce que l'on

pourrait interpréter comme relevant du réel et ce qui serait de l'ordre de l'irréel, de l'imaginaire fantasmatique du compositeur.

3.4 L'aide à la segmentation

Dans les figures 3 et 4, nous avons déduit plusieurs versions possibles de la structure des l'œuvres selon le niveau de détail ou l'aspect musical. Une des particularités des œuvres électroacoustiques est qu'elles sont composées sur une polyphonie de structures temporelles²⁴. Les exemples précédents m'ont permis de montrer comment mettre en évidence cette polyphonie à partir de l'observation de représentations calculées sur des descripteurs audio. Dans la figure 5, je propose deux techniques de segmentation automatique qui peuvent orienter le musicologue dans son étude des structures musicales. La première consiste à se focaliser sur un descripteur en réduisant le nombre de valeurs possibles par échantillonnage²⁵. Les lignes A et B offrent deux segmentations du treizième mouvement de *L'escalier des aveugles* (1991) en se basant respectivement sur le *spectral skewness* et sur le *loudness*. Ces deux lignes convergent sur un certain nombre de moments de cette courte pièce. La ligne C est produite après un échantillonnage réalisé à partir d'une segmentation automatique proposée par Sébastien Gulluni dans le logiciel Acousmographe²⁶. L'auteur a travaillé à la sélection d'un ensemble de descripteurs afin de créer un outil, le *timbre scope*, proposant une segmentation automatique et sans réglage préalable adaptée au matériau de la musique électroacoustique²⁷. Les points de synchronisation avec les deux autres lignes sont ici moins nombreux. L'observation du sonagramme en ondelettes²⁸ met en évidence trois parties (D) qui se retrouvent sur les lignes A et B mais ne semblent pas être apparentes dans la ligne C. De même cette dernière propose bien trop de détails pour guider l'analyse du musicologue. À l'inverse, les lignes A et B réalisées chacune sur un seul descripteur, s'accordent beaucoup plus facilement à l'observation du sonagramme mais aussi à l'écoute de la pièce. La segmentation automatique d'œuvres électroacoustique est donc très délicate à réaliser. Si Gulluni est parti d'une caractérisation acoustique du matériau électroacoustique, j'ai plutôt expérimenté les descripteurs susceptibles de converger vers une analyse auditive des œuvres prenant en compte aussi bien le matériau que des éléments de plus haut niveau comme les structures sonores. Il s'avère qu'un nombre réduit de descripteurs permet d'obtenir des résultats suffisamment pertinents pour aider l'analyste.

²⁴ Chouvel, Jean-Marc, « Polyphonie/polysémie. Comment aborder la multidimensionnalité du temps musical ? », in J.-M. Chouvel, F. Lévy (éd.) *Peut-on parler d'art avec les outils de la science ?*, Paris, L'Harmattan/Ircam, 2002, p. 309.

²⁵ L'échantillonnage est de 6 valeurs sur les trois lignes.

²⁶ Gulluni, Sébastien, *Un système interactif pour l'analyse des musiques électroacoustiques*, Thèse de doctorat, Paris, Télécom ParisTech, 2011, <https://tel.archives-ouvertes.fr/pastel-00676691/document>.

²⁷ J'ai ensuite exporté le résultat de cette segmentation en valeurs numériques, elle se présente sous la forme d'une succession de rectangles de couleurs différentes appliqués à la forme d'onde. L'échantillonnage des valeurs est ensuite réalisé avec le logiciel EAnalysis.

²⁸ Le calcul du sonagramme en ondelette permet de faire apparaître les bruits de pas présents dans la partie basse du spectre.

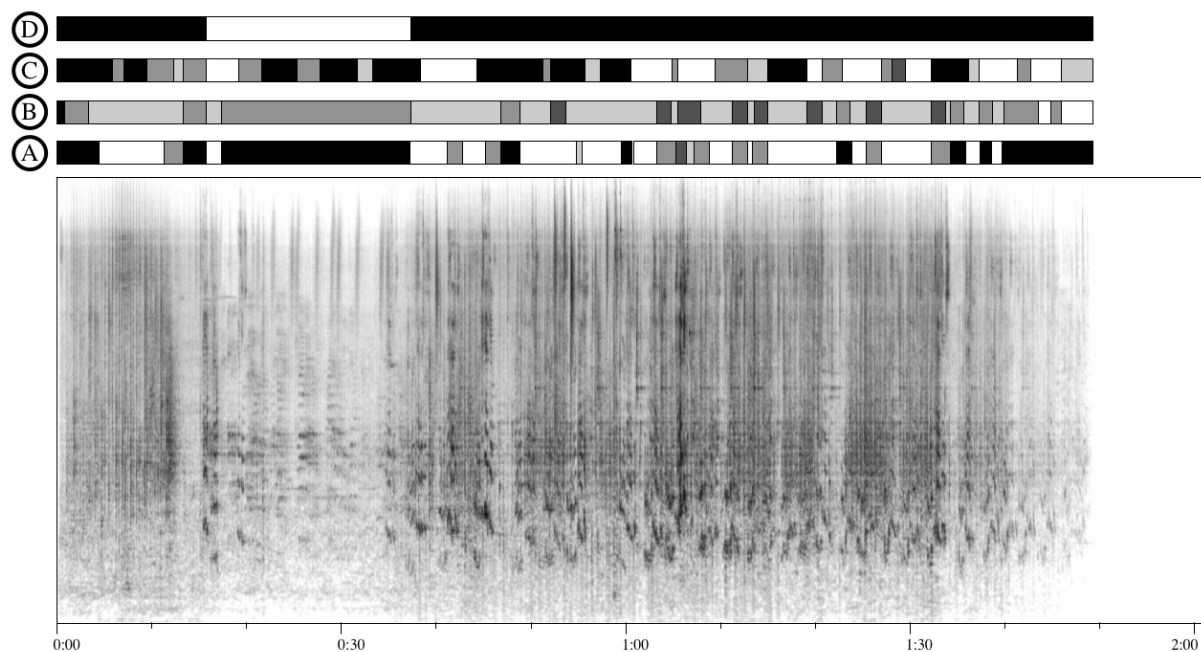


Figure 5 : « La nouvelle de l'escalier », extrait de *L'escalier des aveugles* (1991), sonagramme en ondelettes (bas), structure à partir du *spectral skewness* (A), du *loudness* (B) et du *timbre scope* (C).

L'escalier des aveugles est une variation sur un escalier de Madrid dans laquelle Luc Ferrari suit une jeune femme qui le guide dans la ville et devient une actrice de l'œuvre. Chaque pièce est composée comme une anecdote dans laquelle le compositeur crée un climat « irréaliste tout en employant des matériaux réalistes²⁹ ». Le thème même est emprunt d'une grande poésie :

« l'idée qu'un lieu de Madrid s'appelle L'Escalier des Aveugles m'a fasciné, comme une réalité poétique, ou plutôt comme une surréalité ; mais aussi comme un symbole de ce que j'étais en train de faire, une composition avec des sons et pour la radio. Et comme chacun sait, la radio est pour ceux qui ont des images plein la tête³⁰. »

4 Conclusion

Avec ses œuvres anecdotiques, le compositeur Luc Ferrari propose un imaginaire qui se nourrit de la réalité d'un monde sonore. Le glissement entre les deux est présent dans nombre de ses œuvres, il opère par bascule, alternance ou superposition. La bascule, telle qu'elle apparaît dans la troisième partie du *Presque rien n°2*, offre une immersion totale dans un imaginaire sombre, voire angoissant. Dans la treizième partie de *L'escalier des aveugles*, le compositeur alterne entre une montée rapide de l'escalier et une polyphonie de pas nous plongeant dans une atmosphère très joyeuse. Enfin, dans le *Presque rien n°4 La remontée du village*, nous nous baladons au côté du compositeur et certains moments sont amplifiés par des effets superposés à l'environnement sonore enregistré.

Un des principaux défauts des représentations réalisées sur des environnements sonores réside dans leur uniformité. Les sons qui nous entourent, qu'ils soient d'origine mécanique ou naturelle, sont généralement complexes, situés dans le grave du spectre et très proches les uns

²⁹ Ferrari, Luc, *L'œuvre électronique*, Paris, INA-GRM, livret, p. 46.

³⁰ *Ibid.*

des autres sur le plan spectral. L'usage du sonagramme en ondelettes permet de pallier le problème de leur registre. La combinaison entre un sonagramme et des descripteurs audio offre de nouvelles formes de représentations – comme la BStD ou la matrice de similarité – dans lesquelles les variations fines du signal sont mises en évidence et deviennent de précieux outils pour l'analyste. J'ai aussi montré comment l'automatisation de certaines représentations offre une voie très prometteuse. Les différents exemples présentés ici permettent d'envisager une interaction plus forte entre les techniques de représentation issues des sciences exactes et les concepts créatifs étudiés en analyse musicale. Le thème du fantastique m'a permis de faire le lien entre ces techniques de représentation et l'univers poétique du compositeur, la science rejoint la poétique à travers l'analyse musicale.

5 Annexe : construction d'une matrice de similarité

La construction d'une matrice de similarité comme dans la figure 4 s'effectue en trois étapes (figure 6) :

1. la première étape consiste à transformer plusieurs listes de valeurs de descripteurs audio (1) en matrice (2)
2. lors de la deuxième étape, il faut créer une deuxième matrice (3) et calculer les distances euclidiennes entre les valeurs de la première matrice qui se retrouve sur les deux axes de la seconde matrice ;
3. les valeurs décimales étant difficilement interprétables sur de grandes matrices, la troisième étape consiste à transformer les valeurs numériques de la matrice en couleurs par *mapping* (4). Le résultat (5) permet d'obtenir une matrice de similarité en couleurs.

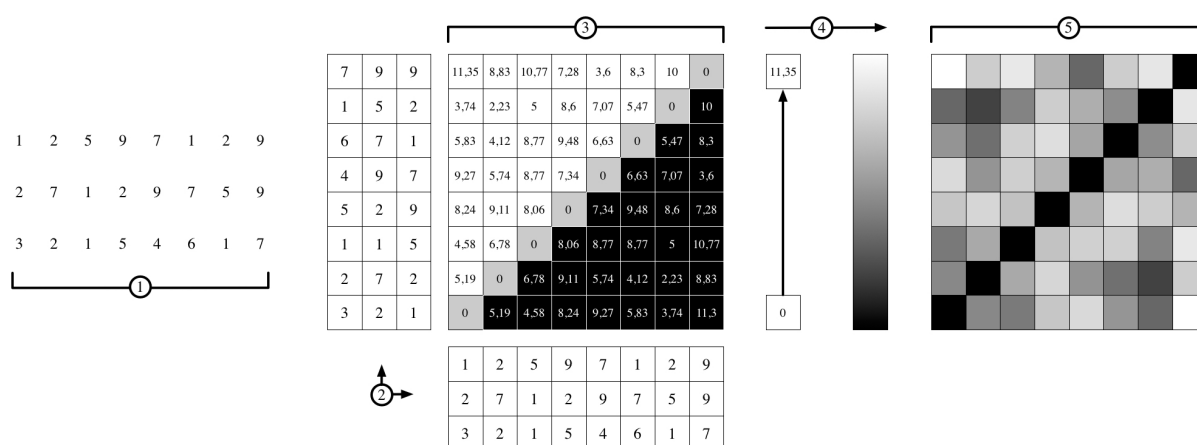


Figure 6 : principe de construction d'une matrice de similarité.

Comme la matrice représente la distance des valeurs avec elles-mêmes (les deux axes représentent les mêmes valeurs), il s'agit d'une matrice d'autosimilarité, elle a deux propriétés spécifiques :

1. la diagonale représente l'exacte similarité des valeurs avec elles-mêmes – d'où sa couleur noire ;
2. les deux côtés de cette diagonale représentent les mêmes valeurs en symétrie (blanc et noir dans la figure 6) – nous conservons toutefois l'intégralité de la matrice afin de faciliter son interprétation.

6 Références

Caux, Jacqueline, *Presque rien avec Luc Ferrari*, Paris, Main d'œuvre, 2002.

- Chion, Michel, « La dissolution de la notion de timbre », *Analyse musicale*, no 3, 1986, p. 7-8.
- Chouvel, Jean-Marc, « Polyphonie/polysémie. Comment aborder la multidimensionnalité du temps musical ? », in J.-M. Chouvel, F. Lévy (éd.) *Peut-on parler d'art avec les outils de la science ?*, Paris, L'Harmattan/Ircam, 2002, p. 287-309.
- Cook, Nicholas, Clarke, Eric, « Introduction: What is Empirical Musicology? », in N. Cook, E. Clarke (éd.), *Empirical musicology Aims, methods, prospects*, Oxford, Oxford University Press, 2004, p. 3-14.
- Couprie, Pierre, « Prolégomènes à la représentation analytique des musiques électroacoustiques », *Circuit*, vol. 25, n° 1, 2015, p. 41-57.
- Couprie, Pierre, « EAnalysis: Developing a Sound Based Music Analytical Tool », in S. Emmerson, L. Landy (éd.), *Expanding the Horizon of Electroacoustic Music Analysis*, Cambridge, Cambridge University Press, 2016, p. 170-194.
- Couprie, Pierre, « Voyage dans "Grandeur nature", première partie de *Son Vitesse- Lumière* de François Bayle », in F. Bayle (éd.) *Son Vitesse-Lumière*, Paris, Delatour, en préparation.
- Ferrari, Luc, *L'œuvre électronique*, Paris, INA-GRM, 2009, Ina G 6017/6026.
- Gulluni, Sébastien, *Un système interactif pour l'analyse des musiques électroacoustiques*, Thèse de doctorat, Paris, Télécom ParisTech, 2011, <https://tel.archives-ouvertes.fr/pastel-00676691/document>.
- 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.
- Peeters, Geoffroy, *A Large Set of Audio Features for Sound Description (Similarity and Classification) in the CUIDADO Project*, 2004, http://recherche.ircam.fr/anasyn/peeters/ARTICLES/Peeters_2003_cuidadoaudiofeatures.pdf.
- Smalley, Denis, « Defining Timbre – Refining Timbre », *Contemporary Music Review*, vol. 10, n° 2, 1994, p. 35-48.
- Ware, Colin, *Information Visualization: Perception for Design*, San Francisco, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2000.