



HAL
open science

Analyse de la composition de l'espace dans une œuvre acousmatique immersive de Jean Marc Duchenne

Michel Pascal

► **To cite this version:**

Michel Pascal. Analyse de la composition de l'espace dans une œuvre acousmatique immersive de Jean Marc Duchenne. 2020. hal-02926984

HAL Id: hal-02926984

<https://hal.univ-cotedazur.fr/hal-02926984>

Preprint submitted on 1 Sep 2020

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 4.0 International License

Analyse de la composition de l'espace dans une œuvre acousmatique immersive de Jean Marc Duchenne

Michel Pascal

Conservatoire de Nice - Université

Côte d'Azur

Nice - France

mclpcl@gmail.com

RESUME

Fin 2019, une nouvelle œuvre acousmatique de Jean Marc Duchenne a été composée pour Micadôme¹, un cube de 26 haut-parleurs installé au Conservatoire de Nice-Université Côte d'Azur, pour la création et l'étude des spécificités déployées dans la composition de l'espace et son écoute en environnement immersif.

L'écoute publique étant faite à l'endroit même où la composition est finalisée, on a demandé au créateur d'extraire une piste spécifique de sources sonores dont le jeu spatial sera confié au spectateur/auditeur lui-même, via un capteur physique en 3D : une forme inédite d'interprétation de l'espace musical.

A cette fin, une analyse détaillée de la composition des espaces dans l'œuvre a été réalisée avec le logiciel Acousmographie² (Ina-GRM). Ce texte explique les choix opérés pour réaliser ce relevé et montre comment la notion d'espace en musique peut se traduire en concepts variés qu'on rapprochera de paramètres musicaux plus courants : échelles, polyphonie, accords, transitions, variations... des scénarisations de la perception, souvent liés à d'autres dimensions du discours musical dans un feuilletage riche de sens.

Le dispositif est également utilisé pour explorer les potentialités cliniques au travers d'ateliers de médiation thérapeutique par la musique pour jeunes déficients visuels avec troubles psychiques associés. L'immersivité (engulfment³) leur propose un cadre sensoriel inhabituel de perception corporelle.

Suivant les possibilités techniques du lieu du colloque, la communication proposée peut se limiter au contenu de cet article et donner des exemples musicaux en binaural, ou on peut y adjoindre une démonstration du dispositif d'interprétation de l'espace avec les capteurs décrits, s'il est possible de le faire dans un dôme multicanal de 16 haut parleurs sur trois niveaux a minima.

MOTS CLEFS

composition musicale multicanal, créativité, immersivité sonore, interfaces de jeu musicales, pédagogie musicale, musicologie perception, arts sonores, paysages sonores, musicothérapie

VIDEOS DE DEMONSTRATION VIA LE LIEN

(image seule, pas d'audio)

<https://www.studio-instrumental.fr/recherche/1344-2/>

1 Introduction

1.1 Le paramètre espace en musique acousmatique

Si pour les compositeurs de musique acousmatique⁴ "l'espace fait intégralement partie du langage, du contenu, et du sens de l'œuvre musicale, au même degré que les autres composantes"⁵, certains autres pensent plutôt que "rarement pris au sérieux par la musique traditionnelle, l'espace n'a jamais été une dimension compositionnelle susceptible de rivaliser avec les autres"⁶. Une croyance bien ancrée le restreint même à "un percept inné, immédiat, alors que l'autre part nouvelle de ces musiques acousmatiques, la morphologie, demande un apprentissage ..."⁷. Pourtant, comme l'écrit Robert Normandeau en 2009 "...little is known about how space is perceived in a musical context or how musical gestures are perceived in space."⁸

1.2 Micadôme

Avec le projet Micadôme, le Conservatoire de Nice-Université Côte d'Azur, s'est équipé d'un cube d'écoute immersive de 26 enceintes de 50m² et 4 niveaux en élévation, pour divers travaux de recherche/création à ce sujet, en situation musicale réelle (figure 1).

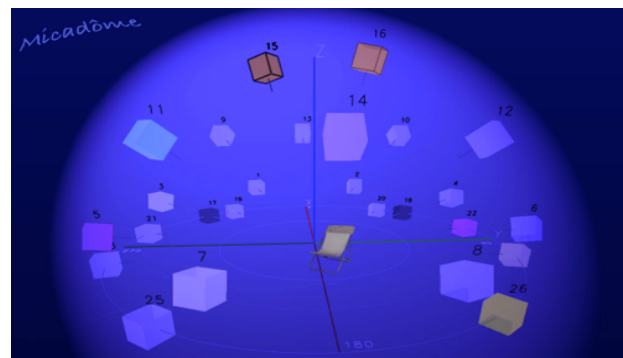


Figure 1: speakers position (sub-bass in grey)

Une des idées est de modifier l'espace social d'écoute par rapport au concert traditionnel, en limitant le nombre de sièges et de placer le spectateur à l'endroit exact où le compositeur a précisément conçu la composition de l'espace. La musique n'est donc plus jouée lors d'une représentation unique, mais projetée un peu comme lors de multiples séances de cinéma, pendant plusieurs

semaines, à horaire fixe, afin de pouvoir accueillir un public nombreux, bien qu'avec un petit nombre de sièges. Il existe de nombreuses installations immersives dans lesquelles les auditeurs interagissent avec la spatialisation sonore de l'environnement. Mais on est généralement dans ce cas face à un objet d'art composant un espace dont la temporalité est laissée à la libre découverte de l'audience. Avec Micadome, comme ce serait le cas au concert, le compositeur conserve la maîtrise complète de la temporalité de son œuvre.

Mais il devient possible qu'il prévoit qu'une partie du mouvement de certaines sources de sa composition spatiale, soit directement offerte au jeu d'un auditeur unique, court-circuitant la médiation d'un interprète professionnel. Une forme nouvelle d'interprétation musicale, dont les variables sont précisément choisies par le compositeur, mais contrôlées à volonté par l'auditeur au moyen d'interfaces adéquates, donc mis en situation de réalité étendue.

"C'est l'espace... qui devient le héros, le protagoniste de l'œuvre..."⁹

1.3 Les paradoxes d'une sphère tronquée

Dans ce cadre plusieurs nouvelles œuvres ont été commandées, dont une au compositeur Jean Marc Duchenne, spécialiste agissant depuis 1988 dans le domaine des systèmes multiphoniques de grande dimension (8 à 124 canaux¹⁰), et développeur d'une collection d'insérables nommés *acousmodules*¹¹. Lors des scéances publiques réalisées en 2019 dans le cadre du Festival MANCA et des JNME, un questionnaire a systématiquement été proposé à des groupes d'auditeurs variés après leur première écoute de la pièce dans le dôme. Tous ont fait remarquer leur sensation de percevoir de nombreux espaces hétérogènes simultanément et structurés dans le temps (jamais moins de 5, parfois jusqu'à 7), sans être capables d'expliquer vraiment comment ou pourquoi. Une investigation plus poussée de cette "écriture de l'espace"¹² se révèle donc nécessaire pour en dégager les concepts. La composition des espaces est en effet dans ce cas un critère traité avec autant voire plus d'importance que tout autre paramètre, "il est investi de sens compositionnel et sa privation [ferait] que l'œuvre est incomplète"¹³.

La pièce analysée est à l'origine en 45 canaux. Elle a fait l'objet de plusieurs versions depuis 2016. Celle de 2019 a été conçue pour les 24 canaux de Micadome à partir d'un codage ambisonique d'ordre 7 (HOA7). L'analyse produite ici est effectuée à partir d'un encodage binaural fait par le compositeur¹⁴.

1.4 Immersivité sonore, psychologie clinique, capteurs

Parce que ce dispositif offre un type sensoriel immersif particulier de perception et d'action corporelle, le laboratoire d'anthropologie et de psychologie clinique, sociale et cognitive (LAPCOS) l'utilise depuis quelques mois pour une exploration de ses potentialités cliniques au travers d'ateliers de médiation thérapeutique par la musique pour des jeunes déficients visuels avec troubles psychiques associés. Sept séances d'écoutes bimensuelles

alternées d'autant de débriefings, ont mis à jour à la fois une grande richesse perceptive et des éléments forts d'interactions relationnelles entre psychologue et patients. Malheureusement la pandémie de Covid-19 les a suspendues au moment où nous allions commencer les séances de jeu en temps réel avec capteurs. Il faudra attendre leur reprise pour pouvoir communiquer sur ce point. Toutefois, il nous paraît utile de signaler ainsi pourquoi l'analyse des concepts spatiaux composés dans *Les paradoxes d'une sphère tronquée* débute par la création d'une partition facilement lisible pour les accompagnants, dans une version où l'audition de la complexité de leurs valeurs musicales reste cohérente d'une écoute binaurale au casque à celle dans l'espace acoustique immersif d'un dôme.

Dès que cela sera à nouveau possible, nous poursuivrons une investigation comparative de ces éléments perceptifs dans Micadôme in situ.

2 Eléments technologiques

Plusieurs dispositifs techniques de représentation de l'espace sonore en 3D sont utilisés dans le monde depuis plus ou moins longtemps¹⁵. Entre autres le Dolby Atmos¹⁶, le DTS-X¹⁷ et l'Auro-3D¹⁸ pour le cinéma, ainsi que la Wavefield Synthesis¹⁹. Micadôme utilise un algorithme VBAP conçu sur le modèle du ZKM Klangdom²⁰ ainsi qu'un algorithme LBAP qui décrit le volume d'un cube au lieu de la surface d'une sphère. Les algorithmes sont gérés par le ServerGris développé à l'UdeM²¹. ServerGris contrôle les entrées/sorties audio au moyen du serveur audio open source Jack²².

De nombreux capteurs physiques ont été testés par Jean Marc Duchenne²³. Pour Micadôme, un essai avec téléphones et tablettes graphiques utilisant les applications TouchOSC et OSCBridge²⁴ a révélé l'apparition trop rapide de sueur sous les doigts, gênant leur glissement. Un autre essai avec ROLI Blocks²⁵ a montré la difficulté d'obtenir une finesse de contrôle suffisante avec le geste de pression, et là aussi trop rapidement, l'apparition d'une fatigue musculaire. Le choix s'est finalement porté sur un double capteur vendu à l'origine pour un jeu vidéo d'entraînement au golf (Gametrack²⁶) que nous avons légèrement modifié.



Figure 2: capteurs Gametrack

Celui-ci agit en xy comme deux joysticks (un par main), le contrôle de l'axe z est relié à chaque main par un fil muni d'une balle souple que le patient peut ainsi relâcher ou reprendre à volonté. En limitant ainsi sensoriellement la zone de jeu possible dans l'espace, cette liaison à la base du capteur par un fil permet au couple main/cerveau de mieux s'orienter dans l'espace qu'avec un capteur qui serait seulement tenu ou fixé à un doigt, et ne provoque pas de fatigue. Le boîtier du capteur peut être aussi bien fixé au sol (pour un auditeur debout), que posé sur les genoux (pour un auditeur semi allongé dans un siège de type transat, le cas de nos patients).

La liaison au ServerGris est assurée au choix par les protocoles OSC²⁷ ou MIDI²⁸.

3 Acousmographie

3.1 Vocabulaire utilisé pour cette analyse de l'espace

3.2.1 *Le mot espace* est utilisé dans des contextes, des situations et des sens multiples en musique. En 2006 un lexique explicatif quasi exhaustif des mots et concepts, qualités, adjectifs qui lui sont associés est paru en français²⁹. On peut y retrouver une définition de la plupart des termes employés dans cette analyse à propos de l'espace. Toutefois, comme le remarque l'auteur, les mêmes mots ont parfois des définitions et des significations multiples, suivant le contexte.

Dans cette œuvre particulière, entièrement acousmatique, l'identification d'un espace spécifique est quasi systématiquement liée à ce que Pierre Schaeffer appelle l'anecdote³⁰ plutôt qu'aux caractérisations acoustiques d'espaces physiques enregistrés. Ce n'est pas qu'elles sont absentes des stratégies de composition, ni de notre perception, mais c'est le sens des mots clairement exprimés par des personnages enregistrés dans des situations acoustiques diverses, ou des indices anecdotiques nous permettant de ré-imager intérieurement quels dispositifs sonores sont mis en jeu, qui construisent en nous une identité mentale de tel ou tel espace, très souvent perçu dans des situations paradoxales, impossibles dans la réalité physique. Il s'agit donc principalement d'espaces narratifs, même lorsqu'il n'y a plus ni texte ni personnage et même s'il ne s'agit pas de suivre une autre histoire que celle de la composition quasi abstraite de ces espaces sonores.

Durant l'écoute, suivant que notre perception se place de notre propre point de vue d'auditeur, ou identifie le point de vue d'une source (généralement une voix) dans son propre espace, les adjectifs caractérisant ceux-ci vont là aussi se rapporter à des situations paradoxales.

Pour cette analyse de l'espace intrinsèque (interne) perçu dans la version binaurale, nous avons décidé de réduire le vocabulaire à des concepts et des échelles dont la perception reste compatible, de l'écoute d'un espace extrinsèque (externe)³¹ de projection (le casque), à l'autre (le dôme immersif).

3.1.2 *Catégories*. Quatre catégories sont assez clairement séparables:

Espaces naturalistes (naturel) / espaces impossibles dont la construction implique des manipulations techniques électroacoustiques (artificiel). Espaces intérieurs / extérieurs

Un cas particulier intervient avec les sons de cloches qui signent un espace imaginaire commun alors que certaines sont clairement en intérieur et d'autres issues du clocher d'une église. Au lieu d'intérieur/extérieur, on a préféré ici les adjectifs fermé/ouvert. Il est par exemple possible de percevoir depuis l'espace où l'on se situe (intérieur ou extérieur), une source venant de l'extérieur (cet extérieur pouvant être un autre espace acoustique, aussi bien fermé qu'ouvert)

3.1.3 *Eloignement, mobilité*. Certains espaces sont statiques, d'autres dynamiques (se modifient). Il ne faut toutefois pas confondre l'espace perçu, qui peut être statique, alors qu'une source peut s'y déplacer de manière dynamique. La même échelle de termes sera utilisée dans les deux cas:

très proche-proche-médian-loin-lointain (le plus loin)

Il s'agit là de sensations perceptives, donc d'un espace à l'autre, la mesure des paramètres acoustiques peut varier pour une sensation équivalente. Cette perception n'est pas non plus toujours clairement liée à celle des nuances. On peut entendre un son joué pianissimo à une position proche dans un espace d'horizon lointain. Les nuances étant assujetties à l'élaboration de la perception de tel ou tel espace, aucune d'elle n'est indiquée.

3.1.4 *Latéralisation, élévation*. La latéralité gauche/droite n'est notée que lorsque elle est intrinsèque à la perception d'un espace spécifique ou du mouvement d'une source dans celui-ci.

L'élévation est un paramètre déterminant en situation d'écoute dans le dôme, mais l'écoute binaurale modifie considérablement ce type de perception. Il en est de même pour l'axe avant/arrière. Par exemple une source monophonique qu'on aurait positionné frontalement en bas au centre, sera perçue à l'occiput en binaural. Pour un espace statique il est difficile de différencier la position frontale de la position arrière. Les plans latéraux avant/arrière sont perçus comme un élargissement de l'image latérale plutôt que comme deux positions différentes. Les rotations sont principalement perçues en élévation plutôt que latéralement. Ces éléments n'ont donc pas été notés dans cette version de la partition d'écoute au casque. Ils feront l'objet d'un relevé futur comparatif en écoute immersive multiphonique.

3.1.5 *Réverbération, filtrage*. Le mot réverbération peut générer des percepts spatiaux ambiguës. La réverbération est généralement absente des espaces extérieurs, mais certains types de réflexions peuvent en induire la signature. D'autre part l'utilisation d'un tel effet artificiel dans un cadre paradoxal, pour colorer des sons électroniques ou des prises acoustiques sèches, de très près, sans halo acoustique issu de l'espace d'origine, peut, suivant le contexte, induire la sensation d'un espace naturaliste ou au contraire, entièrement artificiel.

L'atténuation des aigües ou du grave d'un spectre peut également orienter notre perception vers tel ou tel espace. Lorsque cela arrive, nous utiliserons simplement l'adjectif mat en comparaison avec une source sonore comparable dont le spectre était précédemment complet.

3.2 Représentation des éléments sonores

3.2.1 *Typologie et anecdote.* Bien que certains termes soient issus du Solfège de l'Objet Sonore de Pierre Schaeffer, afin de caractériser les divers éléments, nous choisissons ici d'utiliser le mot élément plutôt que celui d'objet, car la typologie de cette analyse est trop décalée par rapport à l'écoute réduite Schaefferienne³².

En effet, puisque la source principale d'identification des différents espaces réside dans des indices sonores qui permettent de les identifier par rapport à un scénario, chaque famille de sons regroupés ainsi génère dans notre esprit un *espace mental*³³ musical anecdotique dont la valeur musicale englobe cet aspect non uniquement sonore.

D'autre part la partition devant rester facilement lisible pour un auditeur non entraîné, le vocabulaire technique est réduit à minima et les bibliothèques de signes issus d'autres systèmes analytiques (par exemple comme la spectromorphologie³⁴) ont été évitées.

3.2.2 *Dimensions, morphologie et graphisme.* Dans l'acousmographie (figures 3 à 9), l'axe des abscisses montre de manière traditionnelle un déroulement temporel chronométrique linéaire dont le degré de zoom peut être modifié.

En revanche l'axe vertical ne représente pas une seule dimension, ni un paramètre musical unique. Les éléments sonores sont positionnés dans des cadres jaunes qui représentent l'espace spécifique qu'ils construisent pour notre perception à ce moment du déroulement temporel. Le retour dans le temps de familles de sons comparables tisse des lignes structurales de polyphonie jouant avec la mémoire.

Un exemple simple est le retour à 6 reprises de la première voix entendue. Cette voix parfaitement reconnaissable, et totalement différente des autres éléments sonores, crée une sorte de méta-espace qui n'est pas un espace acoustique, car elle apparaît dans des situations acoustiques naturelles différentes et parfois même se déplace de l'une à l'autre (dedans, dehors, proche, loin...). L'identité associée à ce méta-espace est entièrement due à la permanence d'une reconnaissance de la même source, créant une sorte de ligne musicale d'espace, un peu comme on peut reconnaître le retour d'un élément mélodique thématique dans différents registres dans une musique orientée principalement sur la hauteur.

3.2.3 *Lignes d'espaces.* Cette fonction éminemment narrative de la voix est également à l'œuvre avec les objets sonores abstraits. Par exemple les six apparitions des cloches créent une autre ligne spatiale, qui se lie et se divise au cours de la pièce avec une ligne secondaire des seuls autres sons jouant des hauteurs repérables. Dix lignes d'espaces narratifs ont ainsi été répertoriées:

1. eau-fontaine - flux (morphologie trame de grains) - bruits de bouche (matière eau) - itérations serrées (bleu-vert)
2. voix masculine 1 / principale (orange) narrateur de diverses prises de sons dans des lieux et des positions variées
3. voix féminine 2 / principale (rose) parfois donnant un sens textuel, parfois un sens musicalisé sans autre signifié.

4. éléments sonores dont la cause évoquée est un objet physique (vélo - pétard - bruits de surface - bâton de pluie - percussion en bois - fouets - roulettes - fermeture éclair - claquement de mains - frottement)
5. paysage extérieur véhicule à moteur (gris) - pas - pétards - orage - grondement - itérations graves lentes
6. cloches à hauteur repérable - entretiens soutenus à hauteur repérable - waterphone (causalité évoquée, un geste de jeu instrumental) (bleu)
7. éléments sonores dont la cause évoquée est un son animal ou une transformation de la voix annulant tout sens textuel (voix indistincte 3 - chat - oiseau - chien - cri - grognements)
8. éléments sonores dont la source paraît entièrement artificielle (clics - rebonds - parcours mélodiques de sons électroniques véloces - itérations - grains - impulsions - grondement grave
9. voix masculine 4 / secondaire (marron) ne donne jamais de sens textuel, mais un jeu de phonèmes possible sans transformation (appels), une source plongée dans deux espaces différents et à une position différente de toutes les autres sources décrivant ou issues d'autres espaces
10. voix étrangère masculine 6 / secondaire, se déplaçant dans un unique et vaste espace intérieur recouvrant l'ensemble du dôme, qu'elle nous fait visiter à diverses positions (gris rose).

Afin de visualiser plus facilement ces parcours, on a tenté de positionner les rectangles jaunes signalant les divers espaces toujours à peu près dans la même zone en ordonnée (figure 3).

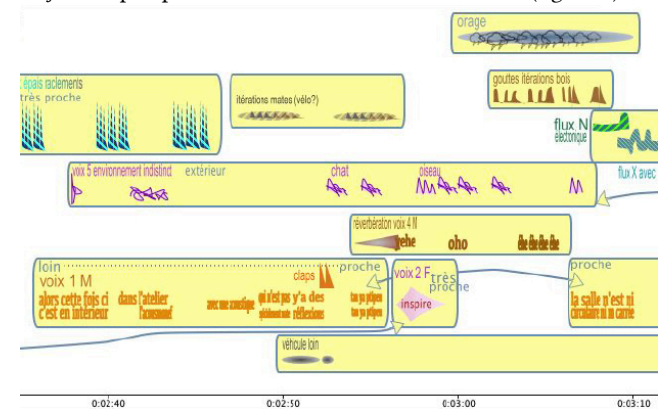


Figure 3: exemple de représentation des lignes d'espaces

3.2.4 *Méta-paysage sonore.* Pendant les deux premières minutes de l'œuvre, la multiplicité de la matériologie des sources sonores permet d'installer clairement la sensation que chaque nouvelle famille de son créerait la perception d'un nouvel espace audio. Le tout début est un cas intéressant puisque la fontaine coule à l'évidence en extérieur, mais le narrateur/preneur de son parle à une distance si proche du micro que sa voix semble issue d'un espace intérieur de studio. Plus paradoxal encore, il nous parle d'une promenade à vélo dont on n'entend ni le son, ni le paysage sonore qui devrait obligatoirement l'accompagner. Les éléments sonore qui sont donnés alors à l'écoute évoquent clairement une bicyclette: timbre transformé, itérations produites à l'aide des rayons d'une roue. Cette évidente manipulation

électroacoustique construit ainsi un troisième espace sonore entièrement virtuel et pourtant totalement (narrativement) associé aux deux autres. Un paysage sonore naturaliste vient alors s'y superposer, paysage qu'il aurait été logique d'entendre à vélo, mais dont celui-ci est absent au profit du passage d'un véhicule à moteur. La narration construit un méta-paysage sonore unique dont les éléments logiques sont présentés de manière hétérogène, donc entendus à la fois comme des espaces distincts et comme une seule image mentale (figure 4).

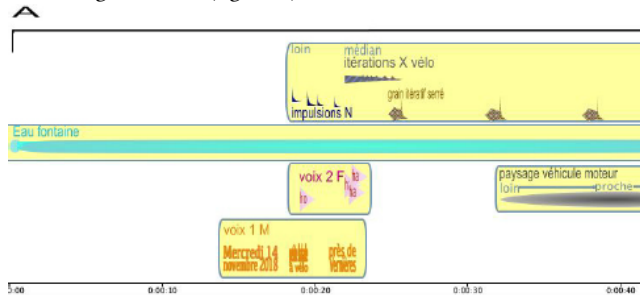


Figure 4: méta paysage sonore

3.2.5 Morphologie des graphismes. La forme des dessins choisis pour chaque élément sonore donne verticalement une idée de leur morphologie dynamique. Leur taille globale étant liée au poids perceptif qu'ils semblent jouer l'un par rapport à l'autre dans le discours musical.

A l'intérieur de chaque rectangle jaune, les positions relatives des divers objets sur l'axe des ordonnées donnent aussi une idée grossière de leurs positions relatives dans le champ des hauteurs. Sans être négligeable, ce paramètre est en effet celui dont l'importance est la plus faible dans cette œuvre.

La compréhension des textes dit par les voix revêt en revanche une importance primordiale pour l'identification de la diversité des espaces. Afin de conserver à la lecture cette signification, on a donc choisi d'identifier une voix à la graphie des textes eux-mêmes, d'une seule couleur, sans autre dessin morphologique. Lorsque les deux axes (texte et morphologie) font sens à valeur égale on inclue certains phonèmes dans des graphismes de couleur identique.

3.3 Structure formelle

3.3.1 Discontinuités et multiplicité, l'espace comme générateur de forme. La construction de cette pièce fait apparaître un très grand nombre de discontinuités timbrales et temporelles. La première écoute nous confronte à un patchwork de petits moments disjoints (plus d'une vingtaine) duquel il n'est pas évident de faire émerger des regroupements. Sans compter les nombreux silences et suspensions, le plus court dure moins de 10s, 4 seulement se déploient autour de la minute. La surprise et les renversements de situations y sont ainsi de règle.

On pourrait être tenté de chercher des continuités structurantes dans le domaine des parcours mélodiques, des parcours de masse, de la conduite des spectres ou de l'énergie, de l'agogique... mais c'est en effet le domaine de l'espace qui s'avère

seul à même de dégager une logique formelle dans ce découpage apparemment sans hiérarchie, sur trois niveaux structurels.

3.3.2 Structure de niveau 1. Au niveau 1, les espaces sont d'abord présentés plutôt en succession, ou en superpositions hétérogènes, puis s'organisent des polyphonies d'espaces dont certains s'emboîtent les uns dans les autres et parfois fusionnent en une entité spatiale plus large, voire en un véritable contrepoint.

Les fonctions du découpage de niveau 1 sont lisibles dans le texte en noir inscrit au dessus de la ligne noire la plus élevée.

Les textes en gris qui apparaissent encore au dessus (figure 5) recensent et décrivent brièvement l'ensemble des espaces positionnés en dessous dans les cadres jaunes. Une liste de tous les espaces triés en fonction de leur position temporelle et de leur type est disponible séparément.



Figure 5: numérotation et relations des espaces recensés

On voit apparaître là une forme générale qui englobe plusieurs de ces petits moments qui étaient à l'origine apparemment disjoints.

Introduction - Espaces en successions et petites superpositions - Polyphonie A - Polyphonie B - Fusions d'espaces superposés - Grand mélange.

3.3.3 Structure de niveau 2 et 3. Dans la figure 6, vers 2mn, on peut voir quatre espaces qui se succèdent en 20s. Chacun est lié à quatre matériaux disjoints entendus dans autant d'acoustiques différentes (fouets, roulements, clics, cloches). Un cinquième élément issu d'un espace hétérogène précédent (des pas), vient s'incruster entre deux roulements, fusionnant dans la même acoustique. Le profil dynamique de la seconde occurrence des roulements fait apparaître puis disparaître l'espace des clics, les reliant sans confusion. L'espace des roulements apparaît ainsi comme une voix principale, alors que les autres espaces l'accompagnent comme pourrait le faire une voix mélodique secondaire, un contrechant. Quant à l'espace des fouets, quasi instantané, et jamais entendu précédemment, il agit comme une sorte d'anacrouse de celui des roulements. Enfin celui des cloches réalise un tuilage en forme de désinence, clics et cloches se rapprochant sans fusionner, par leur entretien comparable, en flux statique, à des débits différents.

Le moment structurel de niveau 2 noté F crée ici une sorte de phrasé d'espaces qui se divise en trois sections d'une structure de niveau 3 (F1, F2, F3).

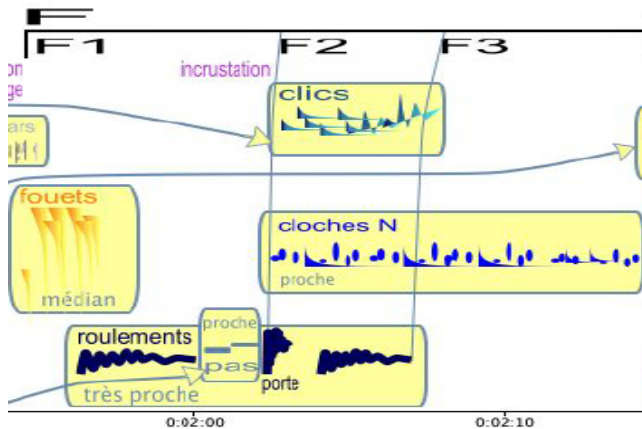


Figure 6: phrasé d'espaces

Ce jeu de succession et de petites superpositions est à l'œuvre depuis l'introduction. Il ne construit encore à ce stade qu'un embryon de polyphonie dont les éléments relationnels plus complexes ne vont se déployer qu'à partir de 2mn30s.

3.3.4 *Forme générale*. Six séquences constituent la forme générale en englobant plusieurs de ces petits moments qui étaient à l'origine apparemment disjoints.

Introduction - Espaces en successions et petites superspositions - Polyphonie A - Polyphonie B - Fusions d'espaces superposés - Grand mélange.

3.3.5 *Accords d'espaces*. La fusion d'espaces précédemment entendus comme distincts nous conduit à un nouveau concept, celui d'accord d'espaces, qu'on pourrait rapprocher des notions de "dissonance et consonance spatiales" dont parle Denis Smalley³⁵. L'exemple d'un tel "accord" survient à 5mn45 au moment K3.

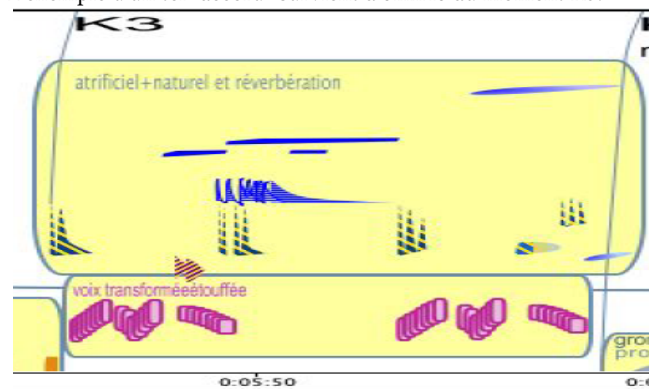


Figure 7: accord d'espaces

Chaque élément sonore y évoque un espace identifié précédemment comme singulier:

- l'espace des entretiens soutenus à hauteur repérable (bleu, numéroté 20 dans l'acousmographie)
- l'espace de la grappe de cloches (bleu, N°4 dans l'acousmographie)
- l'espace avec des impulsions complexes sans anecdote (strié vert+jaune, N°3 dans l'acousmographie)

- l'espace de la voix féminine mais dont les éléments de souffle (proche) ou de vocalisation (médian) sont suffisamment transformés pour n'être plus une anecdote mais une "causalité évoquée"³⁶ par ces événements musicaux abstraits (rose, N°2 dans l'acousmographie).

Tous les éléments sont joués dans un halo acoustique qui semble désormais avoir fusionné leurs différents espaces mentaux/musicaux/narratifs, en un lieu/espace unique dans lequel chacun s'exprime à une place ou avec une trajectoire spécifiques (en 3D, proche, médian ou lointain). Il faut remarquer que cet espace qui semble naturel à la première écoute fait entendre quelques paradoxes qui signent en réalité une nature impossible.

Un peu comme des notes et des intervalles de hauteur fusionnent en un accord, concept intermédiaire entre couleur et hauteur, des champs spatiaux précédemment disjoints ont fusionné ici en un nouveau type d'unité acoustique, un accord d'espace.

3.3.6 *Polyphonie, contrepoint d'espaces*. Enfin pour que la superposition d'espaces puisse construire une véritable polyphonie, comme avec le contrepoint, il faut qu'on soit capable de suivre des lignes distinctes d'espaces dont les relations point à point échangent des valeurs de tension et de détente, créent ici de la fusion et conservent là de la différence au moyen de règles mettant en jeu à la fois ce qui permet d'identifier les lignes et ce qui sert de lien à leurs points de rencontre.

C'est ce qui arrive clairement à 6mn15s au moment K'2, nommé "petite polyphonie" (figure 8). Sept espaces sont superposés, issus des éléments suivants, numérotés de bas en haut:

1. percussions/résonances graves de masse cannelée
2. claps de mains au lointain
3. roulements abstraits très proches, acoustique sèche
4. voix masculine 4, appels au lointain
5. voix féminine transformée
6. sons électroniques et instrumentaux de masse tonique (jeu de hauteur repérable)
7. sons animaux ou apparentés, dont en particulier un chant d'oiseau (en des positions spatiales variées).

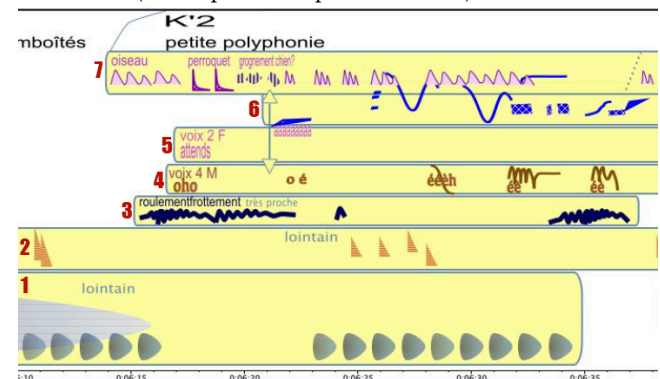


Figure 8: contrepoint d'espaces

Divers concepts abstraits permettent de créer des rencontres entre eux dans des sortes de sites intermédiaires:

- Profil de modulation comparable pour le roulement (N°3) et une sorte de sonnerie (N°6)
- Manipulation de la matière vocale pour la rapprocher d'un grognement (N°5 et N°7)
- Création de parcours mélodiques comparables (N°7 et N°6 et N°4) conduisant parfois à la fusion d'objets composites, parfois à des réponses sans fusion.
- Rapprochement morphologiques de matières et d'espaces acoustiques hétérogènes (impulsions en N°1, N°2, N°7, N°5, N°6)
- Rapprochement d'acoustiques réverbérantes (N°1, N°2, N°4).

Comme dans tout contrepoint, ces rencontres sont ponctuelles, quasi instantanées et nous permettent de relier entre elles des lignes musicales qui sans cela seraient simplement superposées.

3.3.7 *Polyphonie de lignes et d'accords d'espaces*. Il arrive aussi à la fois que certaines rencontres fassent fusionner des lignes en un accord, alors qu'au même moment d'autres lignes restent indépendamment identifiables. C'est le cas dans la dernière partie, que j'ai appelée grande polyphonie. Afin de le matérialiser dans l'acousmographie, on peut voir certains cadres jaunes liés les uns aux autres et certains graphismes traverser plusieurs de ces cadres (figure 9).

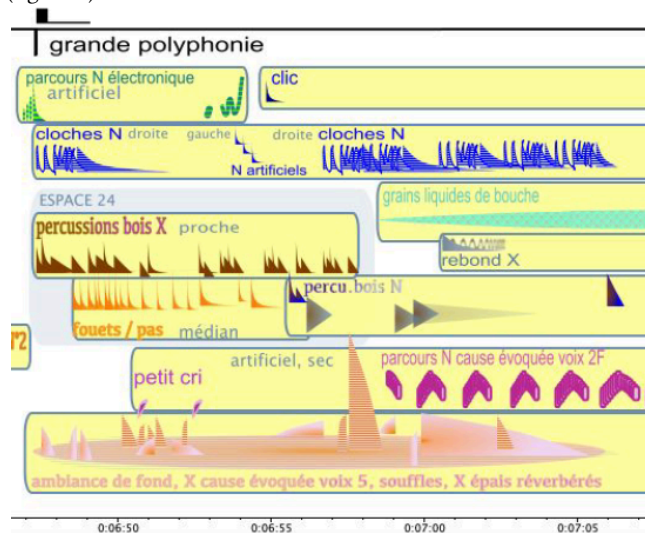


Figure 9: polyphonie et liaisons inter spatiales

D'autre part, alors que la plupart des cadres spatiaux sont identifiés à une seule couleur/texte de graphisme, il en existe aussi contenant des éléments sonores de couleurs et morphologies différentes, qui pourraient sembler générer des espaces différents mais sont clairement liés à un halo acoustique identique, perçus comme sources provenant d'un seul et même espace.

4 Conclusion

NOTES

¹ Ce travail a bénéficié d'une aide du gouvernement français, gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du projet Investissements d'Avenir UCAJEDI portant la référence n° ANR-15-IDEX-01

On a coutume de dire qu'au XXe siècle, la musique sur support a renversé la hiérarchie traditionnelle des paramètres de la musique occidentale (hauteur, rythme, nuance, timbre), mettant la qualité timbrale de la construction des spectres sonores au sommet de l'attention créatrice. La construction formelle de l'œuvre découlant fréquemment de l'interaction de ces quatre paramètres. Si la préoccupation pour l'espace en musique est loin d'être récente, et bien qu'il soit un élément central d'expressivité des musiques électroacoustiques, composé avec la même attention que l'ensemble des autres paramètres, notamment via le concept de *i-son*³⁷, il existe peu de travaux s'étant attachés à en étudier la capacité d'y percevoir des valeurs musicales susceptibles de générer un discours formel. La pièce de Jean Marc Duchenne étudiée ici montre un cas particulièrement intéressant de structuration musicale principalement basée sur une perception à la fois immédiate et complexe de jeux et de notions variées de l'espace. Elle permet des rapprochement conceptuels avec des éléments techniques constitutifs de la musique en général: échelles, lignes polyphoniques, accords, tensions et détentes, éléments thématiques, transitions, variations, mais dont l'espace n'est que depuis récemment le lieu du discours principal chez certains compositeurs, et dans ce cas particulier d'environnement sonore immersif, le geste même génératif de la forme de l'œuvre.

Cet environnement sonore immersif a montré un impact émotionnel et relationnel important pour un groupe de jeunes patients déficients visuels, avec troubles psychiques associés. Dans le cadre d'un travail en cours en psychologie clinique, la clarification du feuilletage de concepts liés aux perceptions de l'espace en musique et ce relevé acousmographique fait à partir de la version binaurale s'avère un outil très intéressant d'une lisibilité aisée pour les psychologues. Il permet d'organiser en amont les séances de musicothérapie, d'y inclure une activité corporelle spécifiquement individualisée d'interprétation de l'espace par les patients, en temps réel. Enfin d'associer les musiciens, créateurs et développeurs de l'interface gestuelle homme machine, au dispositif de soin avec le patient, comme avec les autres auditeurs. Envisager ainsi une réelle articulation art/science et non pas l'utilisation de l'une par l'autre.

REMERCIEMENTS

Gaël Navard, professeur au Conservatoire de Nice Université Côte d'Azur, pour sa collaboration précieuse depuis des années et la recherche/développement de capteurs 3D (projet MPEI IDEX UCA Jedi)

Camille Giuglaris, ingénieur du son responsable des studios au Centre International de Recherche Musicale de Nice pour les réglages de Micadôme.

Frédéric Vinot et Karen Derveaux du laboratoire d'anthropologie et de psychologie clinique, sociale et cognitive (Lapcos) Nice - France.

Robert Normandeau, compositeur et directeur du Groupe de Recherches en Immersion Spatiale de l'Université de Montréal au Québec.

Jean Marc Duchenne, compositeur et développeur pour *Des sons dans l'air*

Annette Van de Gorne, compositrice et directrice de Musiques & Recherches (Belgique) pour son engagement de toujours dans la composition acousmatique de l'espace.

² Favreau, E., Geslin, Y., & Lefèvre, A. (2010). L'acousmographe 3. *Journées d'Informatique Musicale (JIM 2010)*

³ Sazdov, R., Paine, G., & Stevens, K. (2007). Perceptual investigation into envelopment, spatial clarity, and engulfment in reproduced multi-channel audio. In *Proceedings of the AES International Conference*

⁴ Peignot, Jérôme. "De La Musique Concrète à L'acousmatique." *Esprit* (1940-), no. 280 (1), 1960, pp. 111–120. JSTOR, www.jstor.org/stable/24255077

Bayle, F. (1993). *Musique acousmatique. Propositions... positions. Paris : Buchet-Chastel and Institut national de la communication audiovisuelle.*

⁵ Annette Van de Gorne, *Traité d'écriture sur support – Musiques Recherches 2017–p66*

⁶ Marco Stroppa, *L'espace sonore tome 2*, collectif sous la direction de Francis Dhomont-Lien 1991

⁷ Annette Van de Gorne, *Traité d'écriture sur support – Musiques Recherches 2017*

⁸ Normandeau, Robert (2009). *Timbre spatialisation : The medium is the space. Organised Sound*, 14(3), 227–285. doi:10.1017/S1355771809990094

⁹ Marta Grabocz. *La narrativité dans la musique électroacoustique*, in revue *Music Works* N°51 - Toronto-Canada-nov1991.

¹⁰ Jean Marc Duchenne 2020 - <http://sonsdanslair.free.fr/catalogue.htm>

¹¹ Jean Marc Duchenne 2020, <http://acousmodules.free.fr>

¹² Terme introduit et définit par Patrick Ascione dans la Revue *L'Espace du Son I* 1988-1998

¹³ Bertrand Merlier [JMD/faq.htm, le 27/08/06] *Discours d'espace, écriture spatiale, partition. 2006*

¹⁴ Détails à propos de l'œuvre de Jean Marc Duchenne, , <http://sonsdanslair.free.fr/projections.htm>

About binaural reproduction of higher order ambisonics : Vennerød, Jakob. (2014). *Binaural Reproduction of Higher Order Ambisonics A Real-Time Implementation and Perceptual Improvements*. 10.13140/RG.2.1.4624.4007.

¹⁵ Périaux, Bergame, Jean-Luc Ohl, and Patrick Thévenot. *Le son multicanal: De la prise de son aux systèmes d'écoute*. Dunod, 2015.

¹⁶ Sergi, G. (2013). Knocking at the door of cinematic artifice : Dolby Atmos, challenges and opportunities. *The New Soundtrack*, 3(2), 107-121.

<https://www.dolby.com/us/en/brands/dolby-atmos.html>

¹⁷ Noh, D., Jot, J. M., & Mohamed, T. (2018). *U.S. Patent Application No. 15/844,096*.

<https://www.cnet.com/news/dts-x-the-dolby-atmos-alternative-explained/>

¹⁸ <https://www.auro-3d.com/>(2005)

<https://www.son-video.com/guide/comprendre-le-son-cinema-immersif-auro-3d>

¹⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Wave_field_synthesis

Berkhout, Augustinus J. "A holographic approach to acoustic control." *Journal of the audio engineering society* 36.12 (1988): 977-995.

http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/WFS_WEBSITE/Production_Chain.htm (2004)

²⁰ <http://ima.zkm.de/zirkonium/NIME06-Klangdom.pdf> (Nime'06, June 4-8, 2006, Paris, France)

²¹ <https://github.com/GRIS-UdeM/ServerGRIS> (2020)

<http://gris.musique.umontreal.ca/wp-content/uploads/2019/02/Normandeau-R-Bélangier-O-Ledoux-D-Lengelé-C-Paper-Proceedings-of-ICMC2018.pdf> (2018)

²² <https://github.com/jackaudio/jackaudio.github.com/wiki>

²³ <http://sonsdanslair.free.fr/documents/Liaisons-heureuses.pdf> (JNME-Nice-2019)

²⁴ <https://hexler.net/products/touchosc> (2008)

²⁵ <https://roli.com/products/blocks>

²⁶ https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=GB&NR=2373039&KC=&FT=E&locale=en_EP

²⁷ Wright, M., A. Freed, and A. Momeni. 2003. *OpenSound Control: State of the Art 2003. Proceedings of the 2003 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, Montreal, Quebec, Canada.

²⁸ <https://www.midi.org/>

²⁹ Bertrand Merlier. *Vocabulaire de l'espace en musiques électroacoustiques*. Delatour France, pp.230, 2006 <halshs-00511746>

³⁰ Pierre Schaeffer, *Traité des objets musicaux*, Paris, Éditions du Seuil -1966

³¹ Pour les concepts d'espaces *intrinsèque/extrinsèque* voir Bertrand Merlier (op cité note 8) *Interne/externe* voir Michel Chion qui se limite lui-même au cas de la stéréophonie, « Les deux espaces de la musique concrète », *L'espace du son I*, Ohain, Musiques et recherches 1988

³² Définitions des concepts Schaeffériens : Michel Chion, *Guide des Objets Sonores* ©1983 by Institut National de l'Audiovisuel & éditions Buchet/Chastel, Paris

³³ Jean Marc Duchenne, <http://sonsdanslair.free.fr/multiphonie/espaces.htm>

³⁴ Lasse Thoresen, http://www.lasethoresen.com/research_sonology.htm

Aural Sonology project library included in Ina-GRM Acousmographe in 2015

³⁵ Denis Smalley, *Spatial experience in electroacoustic music*, in Lien, *L'espace du son II*, Musiques & Recherches, 1991

³⁶ Concept emprunté à Claude Cadoz, *Timbre et causalité*. [Rapport de recherche] Acroe-Lifa / INPG. 1987

³⁷ Bayle, François, *Musique acousmatique: propositions.....positions*, Institut National de l'Audiovisuel, 1993