

SPATIAL-SOUND TOPOLOGY OF THE MUSEUM'S ARCHITECTURAL SPACE. TOPOLOGIE SPATIO-SONORE DE L'ESPACE ARCHITECTURAL MUSEAL

SELMA SARAOU⁽¹⁾, AZEDDINEBELAKEHAL⁽²⁾, AMAR BENNADJI, ABDELGHANI ATTAR⁽⁴⁾

⁽¹⁾MAA au Département d'architecture, Université de Bejaia, Algérie

⁽²⁾Pr, Laboratoire de Conception et de Modélisation des Formes et des Ambiances (LACOMOFA), Département d'architecture, Université de Biskra, Algérie

⁽³⁾Dr, The Scott Sutherland School of Architecture and Built Environment, The Robert Gordon University Garthdee Road, Aberdeen, AB10 7QB, UK.

⁽⁴⁾MCB au Département d'architecture, Université de Bejaia, Algérie
Email : saraoui.selma@gmail.com

ABSTRACT

The present work aims to demonstrate that a topological characterization of architectural space would amount to a presence and a participation of sound. In other words, the sound, itself and similarly to the human body, will be able to generate new spatiality that can be characterized 'topologically'. The museum considered as an architectural work intended for the public, is the object of study of this investigation. A corpus of thirty international museums was subjected to analysis in accordance with the model developed and based on the notions of 'route' and 'sequence'. Using statistical analyzes of the data collected for this corpus.

It is to be admitted that the sound enhances the museum route thanks to the continuities and discontinuities with the basic form of the building. It is from this relationship that the sound topologies are born.

KEYWORDS: Sound, topology, discontinuities, sequences, route.

RESUME

Le présent travail vise à démontrer qu'une caractérisation topologique de l'espace architectural reviendrait à une présence et à une participation du son. Autrement dit, le son, lui aussi et semblablement au corps humain, pourrait générer de nouvelles spatialités 'topologiquement' caractérisables (objectif).. Le musée, œuvre architecturale destinée au public, est l'objet d'étude de cette investigation. Un corpus de trente musées internationaux (cas d'étude) a été soumis à l'analyse conformément au modèle élaboré et fondé sur les notions de 'parcours' et 'séquence'(méthode choisie). En ayant recours aux analyses statistiques des données collectées pour ce corpus.

Il est à admettre que le son valorise bien le parcours muséal grâce à un rapport sereinement tumultueux de continuités-discontinuités avec la forme basique de l'édifice (Aperçu de réponse). C'est de ce rapport que prennent naissance les topologies sonores.

MOTS CLES: Son, topologie, discontinuités, séquences, parcours.

1 INTRODUCTION

De toutes les recherches liées à la perception et à l'appropriation de l'espace architectural, celles des ambiances sont les plus énoncées de la période contemporaine, vue l'intérêt qu'elles suscitent chez les concepteurs et chez les usagers de l'espace portant sur la qualité spatiale qui abrite les différentes activités humaines, les ambiances matérialisent les expériences vécues qui en découlent en évaluant les caractéristiques physiques de l'espace quantifiable dont la recherche aspire à apporter de plausibles améliorations.

Le confort d'une ambiance sonore procuré par l'espace architectural à ces différents usagers continu à susciter l'intérêt et la curiosité scientifique des chercheurs dans le domaine de l'architecture, ce qui a contribué à la prise en compte des rapports sensibles entre l'homme et son environnement physique tôt, dans la réflexion autour du projet architectural.

L'importance de la notion d'ambiance avait été soulignée dans de nombreux travaux de recherche où l'objectif des chercheurs était de la clarifier. Le problème c'est que les fondements de base de cette notion demeurent jusque-là obscurs et peu explicites. Il s'agit dans un sens très large d'être à l'écoute du domaine des sens qui contribuera ainsi à la construction de l'environnement dans lequel l'homme vit et pratique ses activités. (J.P. Thibaud, 2002).

Ces divers champs de problématisations liés à la notion d'ambiance, fournissent ce que J.P. Thibaud (2002) qualifie des « leviers conceptuels », qui permettront le positionnement par rapport au type de recherche sur les ambiances, il s'agit de :

- i) L'ambiance indivisible : l'ambiance peut être caractérisée par son degré de prédominance. Elle n'est saisissable que dans sa globalité,
- ii) Elle articulera entre le caractère intensif et extensif,
- iii) L'ambiance immédiate : l'ambiance convoque un style de motricité qui lui attribue un caractère spécifique. Elle est assujettie du corps ce qui nécessite une articulation entre le conduit préreflexif et celui réflexif,
- iv) L'ambiance omniprésente : une ambiance se singularise par les dynamiques de variations auxquelles elle se prête. Il s'agit ici d'une affirmation de l'introduction de l'arrière fond et du plan thématique de l'activité interprétative qui correspondra au thème,
- v) L'ambiance diffuse : l'ambiance à un caractère individuel, elle est différente en fonction des échelles suivant lesquels elle a été identifiée. Elle doit impérativement dans ce cas associer l'ordre de la perception (la pente pathique) en l'articulant à l'ordre du sentiment (sa pente cognitive).

Le choix de la méthodologie propre à chaque recherche renvoie à l'adoption d'une posture de réflexion qui s'énonce clairement, le processus méthodologique choisi par le chercheur conduit à des résultats pertinents.

Les musées sont parmi les équipements les plus fréquentés par le public dans les pays occidentaux développés (Europe, états unis, ...etc.), leur importance dépasse le souci d'exprimer l'aspect culturel au niveau de la forme extérieure de l'œuvre architecturale, vers la réussite muséographique

de son intérieure. Le visiteur du musée parcourt les expositions et se déplace d'un espace à un autre en suivant et en se faisant orienté par la voix du guide, que l'on considère ici comme source sonore en perpétuelle mouvement, cette source sonore en déplacement tout au long du parcours le signale et le rend perceptible (Laville. Y, 2015). Créant ainsi des discontinuités et des continuités tout au long du parcours. En vue d'étudier les rapports immatériels ou matériels qui s'installent entre la forme et le son dans les musées, il a été décidé de construire un nouveau modèle d'analyse fondé sur les notions de 'parcours' et de 'topologie'.

L'objectif de cette présente recherche est de parvenir à apporter un regard nouveau et différent sur la topologie comme dimension de l'espace architectural en se basant pleinement sur les ambiances notamment l'ambiance sonore qui la caractérise. (Objectifs de la recherche).

1.1 La topologie et le son en architecture

La topologie comme approche est ancienne en architecture, son apparition remonte au siècle dernier comme réponse à une problématique urbaine (problème des sept ponts Königsberg). Corcuff, 2007).

L'aspect formel de l'architecture avait suscité plusieurs travaux de recherche, parmi ces travaux nous pouvons citer ceux d'Ibrahim. M.H (1997) qui a opté pour l'usage de la topologie dans la classification de plusieurs œuvres architecturales selon leurs formes.

Si on explore les travaux des historiens sur l'approche topologique dans la pensée architecturale, nous allons constater l'existence de deux courants :

Celui des architectes déconstructivistes tels que Frank Gehry, Daniel Libeskind, Rem Koolhaas, ...etc. Qui expriment la topologie comme une approche du conflit formel exprimée par les formes topologiques inspirées des hétérogénéités des contextes physiques et culturels de notre ère.

Celui des architectes de la nouvelle avant-garde tels que James Stirling, Michael Wilford, ...etc. dont la priorité est de relier l'architecture aux mathématiques. Et/ou le résultat est exprimé à travers la forme.

Il est à remarquer qu'aucune théorie topologique propre à l'architecture n'a été formulée jusque-là. Les essais de définitions qui existent sont exprimés par les architectes sous deux angles, le premier est exprimé par les théoriciens, et le second est adapté par les praticiens, qui dans les deux cas renvoient aux mathématiques. La topologie dans ce cas n'est qu'une simple solution aux problématiques architecturales. (Guiseppe.D.C, 2001)

Après avoir parcouru les différentes définitions de la topologie, on a conclu qu'elle se définit comme étant l'acte de déplacement suivant une durée (Le temps du parcours). Le mouvement dynamique du corps croise la durée créant des points, successivement, tout au long du parcours (durée). Ce point une fois créé constitue un événement

(Figure 01).

On considère donc qu'il est possible de définir la topologie, d'un point de vue étymologique en fonction de deux termes : i) transformation qui renvoie à la déformation et la métamorphose, ii) continuité qui signifie un continuum dont l'origine est géométrique. (Auteur, 2011)

Liée au domaine sensoriel, la notion du son en architecture est traitée sous deux aspects, l'aspect objectif et l'aspect subjectif, ceci prouve que le son peut être expérimenté de manière expérientielle et scientifique.

L'architecture est considérée comme une sculpture située entre la vision et le son, elle est le modulateur de l'espace occupé par le son, Alla Ching-Shan Cheung (2005) explique que l'architecture reçoit l'impulsion des collisions et la transmet à d'autres particules, transmettant ainsi les ondes sonores affectées. Dans l'espace contemporain on assiste à la naissance d'un nouveau concept en architecture appelé « l'art sonore », il s'agit en effet de créer une relation artistique entre le son et le continuum espace/temps/ mouvement du corps. Les chercheurs sous cet angle se sont intéressés aux façons dont le son peut régir le mouvement, le flux, et la circulation. A.C.S Cheung (2005) cite pour ce fait quatre travaux de recherche qui sont répartis comme suit : i) la relation dynamique entre le son et l'architecture : Bernhard Leitner, Murray Schafer, ii) l'architecture sonore : le Corbusier, et enfin John Cage et Pierre Schaeffer.

Les relations entre l'espace architectural et le son sont liés à l'usager et à ses mouvements dans l'espace, dans son travail Bernhard Leitner a considéré le corps humain en perpétuel mouvement dans l'espace, comme une grande oreille dans un environnement perméable, qui définit un espace sonore avec des points et des lignes temporaires se déployant dans le temps tout comme la musique. Murray Schafer montre que les oreilles aussi bien que les yeux doivent s'engager davantage dans la conception, et le son aura sous cet angle de vue un potentiel puissant.

Pour ce qui est de l'architecture sonore, qui se basait sur les qualités immatérielles du son, le Corbusier avait dessiné pour le Philips Pavillon des scénarios de chevauchements créé par les différents sons à l'intérieure, les scénarios placent les auditeurs de la musique dans plusieurs endroits où chacun aperçoit la musique différemment des autres. Le son une fois transformé par l'espace et sa matière dans le temps apporte à l'usager une nouvelle expérience différente de ce qu'il a vécu auparavant.

Pierre Schafer quant à lui propose le concept « d'objet-son » détaché de toute association avec sa source ou sa cause. Considérer le son comme objet le rendra donc apprécié pour ses propriétés acoustiques essentielles et non par rapport à l'instrument ou à la cause physique qui le fait naître, il se basera sur l'exemple de la musique qui est appréciée pour ce qu'elle est dans son ensemble et non pas en rapport avec les instruments qui la produisent.

Nous avons remarqué à travers la palette d'étude variées proposée par A.C.S Cheung (2005) que l'usager de l'espace est considéré comme un point de réception fixe ou en

perpétuel mouvement. Autrement dit le son gagne en signification à travers l'expérience personnelle du spectateur.

La notion de la topologie audible et sonore avait déjà été initiée par Nicolas Schöffer (1972) dans sa proposition de « la ville cybernétique », il concentre la réflexion autour du son, le considérant comme un matériau important au sein de l'espace tout comme le temps ou la lumière. La topologie audible est présentée sous deux aspects, l'aspect naturel liées aux bruits de la nature, et l'aspect artificiel qui reviendra à une réflexion du bâtisseur sur la création d'un planning sonore qu'il a proposé pour la ville cybernétique. La topologie sonore quant à elle repose sur des complémentarités de la réflexion du concepteur d'abord en macro entre l'agglomération et son environnement, ensuite en micro entre les périodes diurnes et nocturnes.

Il y'a aussi Charles-E Platel (2007), dans son livre *Musique imaginaire*, ou en décrivant la topologie en musique, affirme que la notion de topologie liée au son apparait dans le domaine de la musique comme une notion révélatrice des discontinuités ou d'arrêts dans les compositions sonores, matérialisées par un vide au niveau du solfège qui est pour les musiciens un espace à part entière. Il donne l'exemple des hauteurs des notes de piano, les notes sont séparées par l'intervalle d'un demi-ton, ce qui rend la matière sonore tramée et maillée, alors que le contour de la ligne mélodique demeure continu.

L'approche topologique du son n'a pas été citée dans les travaux d'architectes traitant de l'espace architectural et urbain. Cependant, en analysant divers travaux de recherche qui traitent le son, nous avons remarqué qu'en matière de méthodologie la notion du parcours est souvent présente.

1.2 La lecture de la topologie sonore dans l'espace architectural

Il est évident que la lecture des topologies sonores requiert la construction d'un nouveau modèle conceptuel dont le rôle est de prendre en charge les composantes principales et leurs sous composantes qui concernent l'onde sonore et l'espace architectural de la conformation.

Il serait question dans ce qui suit de déceler et de cerner les topologies sonores. La notion de parcours nous semble d'emblée la plus appropriée dans la mesure où elle s'apparente à la fois aux notions de mouvement spécifique à la topologie, et de promenade dans le musée. Le Corbusier avait mis en valeur le fait que l'architecture se parcourt, avec son concept de « promenade architecturale ». Si des villas ou des bâtiments religieux proposent des promenades architecturales, c'est dans les musées que le concept prend toute son ampleur significative.

Jean-Raphaël Pigeon (2013) note qu'il n'est possible à l'homme de se visualiser dans son parcours que s'il prend conscience de son environnement par son corps, cette conscience permet une meilleure compréhension de l'espace architectural. Les premiers rapports entre l'homme

et le parcours renvoient aux capacités visuelles, l'homme à tendance à comprendre l'environnement dans lequel il se trouve en se l'appropriant par le biais de décodage des informations que l'espace lui envoie.

Dans les musées nous parlerons souvent de l'ambiance lumineuse qui est considéré comme la base de toute conception muséale, elle est le souci premier de la plupart des architectes. En introduisant la notion du confort visiteur, qui renvoie au bien-être du visiteur dans le parcours durant la visite, et les améliorations des édifices publiques liées aux principes du développement durable, le devoir de maîtriser d'autres types d'ambiances s'impose tel que l'ambiance sonore et l'ambiance thermique.

Maria Saraiva (2001) s'est interrogé dans son travail sur la nature de l'ambiance générale dans le musée avec toutes ses composantes, et l'avait défini sous deux aspects : i) l'ambiance située : si on se concentre sur le visiteur, l'ambiance est perçue pendant le temps d'une visite, ii) l'ambiance conçue : si on se concentre sur l'intention du concepteur lors de la conception, et son intuition lors de la réalisation, les ambiances deviennent alors maîtrisées par le concepteur.

Elle cite deux type d'ambiances qu'on peut trouver dans tous les musées et qui sont : i) l'ambiant objectal qui est une présentation traditionnelle visant à valoriser l'objet exposé, cet ambiant relève de la spatio-temporalité de l'objet et se basera sur l'expérience esthétique ou émotionnelle entre objet visiteur, ii) l'ambiant fonctionnel : il recouvre tous les espaces parcourus par le visiteur à l'intérieure du musée, avant et après la visite. Il est souvent considéré au pluriel vu sa variété en matière de typologie d'espace par lesquels passe le parcours, il a en plus de la dominante spatiotemporelle en relation avec le programme et la réalisation, une dominante sensorielle qui dépend du visiteur.

M. Meyer (2013) signale que la réussite de toute entreprise de muséographie est liée aux nombres de visiteurs et à leurs degrés de satisfaction, ces deux points sont très fortement liés au rôle de la communication qui est une condition primordiale lors de la rencontre entre le visiteur et l'objet exposé. Contrairement aux idées reçues sur la dualité entre son et lumière, Meyer constate que le son permet de guider le regard, la perception sonore apporte soutien à la perception visuelle créant ainsi un continuum.

Les muséographes placent le parcours au centre de toute leurs interventions au sein de l'espace muséal, et en se basant sur le guide de visite, ils déterminent les effets animés ou pas qui doivent accompagner le visiteur tout au long de sa visite. S'ils commencent à introduire des sources sonores fixes pour chaque espace d'exposition, ils tentent de garder la même intensité et fréquence de la voix humaine. Le guide de visite est considéré comme une source sonore en mouvement au niveau du parcours muséal, reste selon la plupart des intervenants le moyen le plus rentable et le moins coûteux financièrement, si on le compare avec les nouvelles installations à haute technologie. (L. Martinez, 2003)

L'ambiance sonore, et le traitement du son dans le parcours muséal et les espaces d'exposition, resteront un défi de réussite à relever par les architectes et les spécialistes de la muséographie. Selon Yann Laville (2015), le son oriente fortement l'expérience d'un dispositif muséal.

1.3 La notion du parcours et les étapes d'exposition

La conception de l'espace architectural muséal s'est appuyée depuis son apparition sur la notion du parcours, ce dernier est d'une extrême importance en raison des différentes sensations qu'il procure aux visiteurs. Il existe une palette très variée de parcours dont la conception résulte de l'intention de l'architecte, de la morphologie de l'espace et des contraintes qui s'imposent dès le début de la conception.

Ce qui est important dans cette étude ce sont les éléments morphologiques de l'espace, et selon la forme on note trois types de parcours : Le type « linéaire », le type « labyrinthe », Le type « centré ». (Mariani. R, 2000)

Il existe aussi trois types de parcours liés aux trois niveaux d'exposition selon Jean Davallon et qui sont :

- L'exposition conçue : le parcours pensé, prévu avant même le montage de l'exposition.
- La mise en exposition : le(s) parcours proposé(s) : chemin(s) possible(s) effectivement offerts aux visiteurs.

La visite : le parcours vécu : le cheminement ; ou ce que les visiteurs ont fait de l'espace, que celui-ci ait été utilisé comme prévu ou non. (J.P Thibaud, 2001)

Il est à remarquer qu'on ne peut pas dissocier l'aspect formel du parcours de son étape de niveau d'exposition (Guzowski M, 2000). Dans ce présent travail nous viserons à étudier le parcours sous ses différents aspects formels en fonction du parcours vécu de la visite (qui peut être dans quelques cas le parcours pensé ou le parcours proposé ou les deux à la fois).

2 MATÉRIAUX ET MÉTHODES

2.1 La méthode de l'analyse séquentielle

En explorant les méthodes existantes pour analyser un parcours, et suivant la recherche d'Abraham A Moles, Elisabeth Rohmer sur le parcours muséal, il n'existe pas une méthode précise pour aborder le parcours muséal, mais celles qui existent renvoient toutes à une segmentation, ou à un zoning, suivant la morphologie du parcours.

Ainsi et afin d'analyser le parcours muséal, on a jugé qu'une bonne façon de le faire c'est de le fragmenter en sous-entités à analyser. On va appeler cette manière de faire l'analyse séquentielle. La notion a un rapport avec la scénographie qui est l'essence même de la muséologie. L'analyse du parcours muséal du point de vu ambiantal, se fait par la fragmentation de ce dernier en petites parties ou

unités appelé séquences, toute analyse faite sur la globalité doit impérativement passer par cette notion de « séquence ».

La séquence signifie suite, succession ordonnée d'opérations, d'éléments, etc. En mathématiques, une suite est une famille d'éléments indexée par les entiers naturels. Une suite finie est une famille indexée. (Auteur, 2011)

En se basant sur la définition de la topologie citée précédemment, on peut définir le parcours comme étant une durée, ou le mouvement dynamique du visiteur crée des points d'intersection qu'on nommera « séquences » (auteur, 2011). La séquence dans ce cas d'étude peut se définir comme étant une succession d'évènements purement sonores, où on passe d'une séquence à une autre par le biais d'un changement d'ambiance sonore (Figure 02). Cette transition peut être distinguée par le changement de l'ambiance sonore au sein du même espace. Elle est dans notre recherche la portion de l'espace architectural faisant partie d'un parcours, portion qui est repérée par l'existence de source sonore qui est située à une hauteur humaine.

Les limites de la séquence sonore ne peuvent être que spatiales, mais vu la nature du son (non visible), on doit faire recours à la simulation qui va rendre visible les limites de ces séquences.

Ces limites vont nous permettre de mieux positionner les séquences dans le parcours muséal.

2.2 L'élaboration du modèle d'analyse

2.2.1 La situation de la séquence dans le parcours

Nous avons dans un premier temps déterminé le parcours muséal en choisissant la couleur bleue pour le matérialiser. Ensuite du parcours vécu, sinon la situation des espaces d'exposition dans le parcours (Figure 03) on a déterminé la position de la source sonore en prenant en considération sa hauteur, qui est considéré égale à la hauteur humaine. (la position de la source sonore).

2.2.2 La délimitation de la séquence

La lumière et le son sont des natures analogues, cependant le comportement des objets qui existent dans l'espace architectural n'est pas le même vis-à-vis des deux ondes, pour la lumière par exemple la réflexion se fait par l'effet miroir. Tandis que l'onde sonore est réfléchi par tous les objets qui existent dans l'espace. (Bonnet. G, 2005)

Le recours à la simulation dans cette recherche et plus qu'indispensable. L'objectif de la simulation dans ce papier n'est pas d'avoir des résultats scientifiques quantifiables exactes et à des degrés proches de la réalité, mais de pouvoir lire les limites des séquences sonores, en fonction des différentes transformations que subit l'onde sonore durant sa propagation au sein de l'espace de la conformation ce que nous appellerons « comportement de l'onde sonore » (les limites de la séquence en fonction de la simulation).

Pour se faire nous avons opté pour le choix du logiciel ECOTECT v5 dont le rôle est de simuler les ambiances avec une grande précision si l'on effectue les réglages des matériaux, et la modélisation convenablement.

Etape 01 : la modélisation

Il s'agit dans un premier temps de prendre le dossier graphique, les différentes photos, et de modéliser par une maquette 3D sur l'interface ECOTECT v5 le cas d'étude, ou de la modéliser sur Autocad ou Archicad et l'exporter par la suite à l'interface ECOTECT v5, effectuer ensuite le réglage des différents matériaux, la position du nord, et vérifier l'existence du fichier climatique (créer ou télécharger un similaire en cas d'absence).

Etape 02 : la détermination du parcours

La finalisation de cette étape se caractérise par le réglage d'un point de vue en plan, et par le dessin du parcours muséal.

Etape 03 : positionnement des sources sonores et la simulation

Il s'agit dans cette étape d'intégrer des sources sonores, toute au long du parcours, les régler à une fréquence de voix humaine et leurs donner la hauteur humaine. Ensuite procéder à la simulation de chaque source sonore à part, et enregistrer le résultat sous format photo. Il est à remarquer qu'il existe deux types de lecture sur lesquels on s'est basé et qui sont :

Par largeur d'onde :

La plus utilisé, ou on peut déterminer par le biais du nombre d'ondes réfléchies l'intensité des ondes dans l'espace (Figure 04).

On peut opter pour le maximum, choisir le minimum de 3 parois, ou le minimum des éléments de la conformation qui risqueront d'être touchés par le comportement de l'onde sonore, comme dans notre cas, par rapport au parcours nous aurons un minimum de deux, le sol et le plafond.

Par surface d'incidence :

Par cette méthode on peut apercevoir au sein de l'espace des particules colorées (Figure 05), qui renvoient à une palette composée de six couleurs qui représentent : le son direct, le son réfléchi utile, les limites ou bordures sonores, l'écho, la réverbération et le son masqué.

2.2.3 Description de la séquence sonore

Afin de pouvoir constituer nos descripteurs du cas par cas, on a essayé d'établir une grille de lecture. On a commencé pas les caractéristiques de l'onde sonore et du son (Jouhaneau, 2003). Le premier élément étant la source sonore, présenté par, i) L'intensité, ii) La fréquence, iii) La direction, iv) L'orientation, le deuxième volet concerne les caractéristiques de l'onde sonore, qui sont liées à la diffusion : i) La réflexion, ii) La réfraction, iii) L'absorption, iv) La diffraction, et à la transmission : i) La transmission directe, ii) La transmission latérale, iii) La

transmission parasite. Et enfin les caractéristiques des sons selon les surfaces d'incidences : i) Le son direct ii) Le son utile : réfléchi, iii) La frontière sonore, iv) L'écho, v) La réverbération vi) Le son masqué.

On passera par la suite aux caractéristiques de la conformation architecturale, dont deux points sont mis en exergue : i) La géométrie de la forme, ii) Les matériaux.

2.3 Le complément par l'analyse statistique

Pour l'analyse des résultats de la lecture, leurs correspondances et leur traitement statistique, on a opté pour l'utilisation du logiciel STATISTICA 7

2.4 Le corpus d'étude

Il est à remarquer que les parcours muséaux et très particulièrement les parcours à travers les espaces d'expositions permanents, feront l'objet de notre corpus d'étude. Pour se faire nous avons gardé des musées sur lesquels nous avons déjà effectué un travail sur les topologies lumineuses, ces cas d'études ont été sélectionnés en fonction de plusieurs critères, à savoir : i) la période

historique, ii) l'intention de concevoir l'œuvre architecturale avec la lumière naturelle que nous appelons « intention lumineuse », iii) la quantité d'information qui nous est disponible (discours, textuel, graphiques, images...). Le corpus d'étude comporte trente musées européens (Tableau 01).

Il est à mentionner que les musées choisis ont tous été conçus entre 1980 et 2008, cette période est caractérisée par l'influence des entreprises de muséographie sur la conception et la réalisation des musées. C'est ce qui justifie le choix par rapport à l'ambiance sonore.

La plupart de nos cas d'étude ont fait l'objet d'une réflexion autour de l'ambiance sonore dès la phase conception, pour le reste ça a été pris en charge par la réception finale du projet par les entreprises de réalisation muséographique dont le but était d'apporter des corrections sur la conception initiale par le biais de quelques matériaux.

Dans cette recherche nous n'allons pas prendre en considération les dispositifs techniques, mais uniquement, les sources sonores dites humaine, matérialisant le guide de visite.

2.4.1 Les musées du corpus

Tableau 01 : les musées choisis pour le corpus d'étude

Source : Auteur, 2013

N°	Musées	Architecte	Année
France			
01	Musée départemental préhistoire	Roland Simounet	1981
02	Musée des beaux-arts de Grenoble	Olivier Félix-Faure, Antoine Félix-Faure et Philippe Macary Lorenzo Piqueras	1990-1994
03	Musée national de Tayac	Jean-Pierre Buffi	1994-2004
04	Musée du quai de Branly	Jean Nouvel	2006
05	Musée de l'histoire naturelle	Paul Chemetov et Borjahuidobro	1991-1994
06	Concours Musée du quai de Branly	Rudy Ricciotti	1994
Allemagne			
07	Musée SAMMLUNG GOETZ Munich	Jacques Herzog et Pierre de Meuron	1989-1992
08	HumbuguerBahnhof museum, fur Gegenwart	Josef Paul Kleihues	1988
09	Vitra designmuseum	Frank Gehry	1988-1989
10	Musée juif de Berlin	Daniel Libeskind	1999
Espagne			
11	Musée Guggenheim Bilbao	Frank Gehry	1993
12	Centro Gallego de Arte contemporaneo	Alvaro Siza	1994
13	Musée hydraulique	Juan Navarro Baldeweg	1989- 1992
14	Musée de l'Archéologie maritime CARTAGENA	Alberto campo baeza	1998
Suisse			
15	Musée Jean Tinguely	Mario Botta	1993-1996
16	Musée d'ethnographie suisse	Hanger, Monnerat, Petitpierre	1995
17	Musée Beyeler Riehen	Renzo Piano	1998
Autriche			
18	Musée historique de Salzbourg	Hans Hollein	1989-1990
19	KUNSTHAUS BREGENZ	Peter Zumthor	1990-1997

Grande Bretagne			
20	American air museum Duxford	Foster partners	1993-1997
Italie			
21	Museum DE MAXXI	Zaha Hadid	2007
22	Ara Pacis museum	Richard Meier & Partners	1995-2006
Pays bas			
23	Bonnefanten museum, Maastricht	Aldo Rossi	1990-1994
24	KUNSTHAL ; Rotterdam	Rem Koolhaas	1987-1992
Belgique			
25	Musée Hergué	Portzamparc Christian	2006
Finlande			
26	Musée Nykytaiteen Kiasma, Helsinki,	Steven Holl	1993-1998
Suède			
27	Le musée d'Art moderne et d'Architecture Stockholm	Rafael Moneo	1990-1997
Danemark			
28	North Jutland Art museum Alborg	Elissa and Alvar Aalto	1998
Grèce			
29	Musée de l'Acropole Athènes	Bernard Tschumi	2007
Norvège			
30	Aukrustsentret Alvdal ,	Sverre Fehn	1993-1996

2.4.2 L'application du modèle

Afin d'expliquer les étapes de l'analyse séquentielle, nous allons prendre un des cas existants, celui du Musée Départemental de la préhistoire conçu par l'architecte Roland Simounet.

La figure (06) récapitule l'ensemble des étapes de l'analyse séquentielle expliquée déjà dans la partie de l'élaboration du modèle d'analyse.

Chaque source sonore avait été simulé à part et on a obtenu le résultat dans le tableau (02) pour toutes les séquences sonores. Il est à remarquer que pour une séquence simulée, le logiciel ECOTECTv5 peut nous fournir d'autres types de lecture par rapport au type de son existant dans le musée, par filtre de surface d'incidence (Figure 07), ce filtre va beaucoup nous aider dans ce travail de description des séquences.

Nous allons présenter les résultats obtenus pour le cas du Musée Départemental de la préhistoire :

- Le parcours et les séquences :

Le parcours se caractérise par dix séquences sonores, qui dépendent de la position temporaire du guide de visite considéré comme source sonore en mouvement (figure 06), nous observons le type 01 au démarrage de la visite. Le type 02 correspond aux séquences sonores dans les parties où la morphologie de la conformation est en longueur. Le type 03 dans la partie la plus large du parcours, et enfin le type 04 où la morphologie de la conformation est dans le sens de la largeur.

Tableau 02: les séquences sonores muséales

Le parcours	Le nombre de séquences
Type 01	01
Type 02	03
Type 03	02
Type 04	04
Total	10

- Les caractéristiques des séquences

Les sources sonores sont de la même direction du parcours et ce dans 70% des séquences, cependant les sources sonore changent d'orientation dans 80% des séquences.

D'après l'analyse bivariée, nous avons une dominance de son utile moyen par rapport aux surfaces d'incidence, et la présence de l'écho revoit à une forte présence du son utile.

Lorsque le son utile est présent de manière forte, nous constatons une faible réverbération dans l'espace, mais lorsque le son utile est moyen nous avons une réverbération moyenne.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Après avoir rempli les différents descripteurs, on a entamé une analyse statistique, cette analyse comportera deux parties, la première étant le cas par cas, la seconde prendra en considération la totalité du corpus.

3.1 Première lecture : le cas par cas

Dans cette partie, nous allons faire ressortir les discontinuités définies dans l'introduction, ces transformations continues caractérisent très essentiellement les variations des caractéristiques de l'environnement sonore tout au long du parcours muséal.

3.1.1 Les discontinuités sonores

Il est à remarquer que l'analyse séquentielle appuyée par l'analyse statistique nous a permis de faire ressortir et de répertorier les discontinuités par type.

Suivant les pourcentages des discontinuités, nous avons pu les classer selon trois catégories, les discontinuités majeures qui sont supérieures à 50%, elles concernent: i) l'orientation à 53%, ii) la direction à 73%, iii) la réverbération à 77%, iv) le son utile réfléchi à 57%; les discontinuités moyennes qui sont supérieures ou égales ou inférieures ou égales à 50% et qui sont: i) la réflexion à 46%, ii) le son direct à 50%, iii) la frontière sonore à 47%; et les discontinuités faibles sont celles dont le pourcentage est inférieur ou égal à 50% et qui sont: i) la diffraction à 13%, ii) la transformation parasite à 27%, iii) l'écho à 20%, iv) le son masqué à 30%, v) la géométrie à 20%. Et enfin les discontinuités inexistantes qui sont celles de: i) la réflexion, ii) l'absorption, iii) la transmission directe, iv) la transmission latérale.

Dans ce qui va suivre nous allons mettre en exergue uniquement les discontinuités majeures et moyennes.

3.1.1.1 Les discontinuités d'orientation

Ces types de discontinuités sont liés à la source sonore qui a tendance à garder les mêmes caractéristiques tout au long du parcours muséal en changeant d'orientation. Quant aux caractéristiques physiques de l'espace architectural muséal, ils joueront un grand rôle dans la variation de l'ambiance sonore.

On citera à titre d'exemple le Musée du quai de Branly de Jean Nouvel (Figure 08), où les sources sonores ne suivent pas la même orientation. Ce qui participera à la naissance des topologies sonores d'orientation.

3.1.1.2 Les discontinuités de direction

Les discontinuités sonores de direction sont très liées aux variations qui affectent les directions de la source sonore tout au long du parcours. Ces sources sonores obéissent généralement à la même direction du parcours en question, cependant elles demeurent changeantes dans un certain nombre de séquences.

Les discontinuités sonores de direction varient tout au long du parcours, dans des cas la direction des sources suit parfaitement celle du parcours comme dans le cas du KUNSTHAL, de Rem Koolhaas, et dans d'autres, elle n'est pas conforme au parcours tel que le cas du Musée national

de Tayac de Jean-Pierre Buffi (Figure 09).

3.1.1.3 Les discontinuités de réverbération

C'est l'existence de plusieurs réflexions sonores dans le même parcours, dont le caractère est variable d'une séquence à une autre. Nous parlerons alors des discontinuités de réverbération.

On citera à titre d'exemple le cas du Musée de l'Archéologie maritime conçu par Alberto Campo Baeza, où la réverbération est présente dans quelques séquences, absente dans d'autres, et même quand elle est présente elle est variable, des fois elle est moyenne comme le cas de la séquence 02 (Figures 10), et des fois elle est faible telle que la séquence 08 (Figures 11).

3.1.1.4 Les discontinuités de son utile (réfléchi)

L'analyse de l'onde sonore a permis de déceler les caractéristiques du son utile qui est dans notre recherche le son réfléchi, elle permet également de mettre en exergue les limites de la séquence. Les discontinuités du son utile sont liées aux variations qui affectent l'environnement de la conformation des séquences.

Parfois l'onde du son utile reste dans la forme géométrique de la conformation tel qu'a été constaté dans le cas du Humbuger Bahnhofs Museum de Josef Paul Kleihues l'onde du son utile respecte totalement la géométrie de la conformation (Figure 12.). Parfois elle dépasse la limite de la séquence simulée vers l'extérieur ou vers la séquence voisine, ne respectant pas ainsi la limite de la conformation telle que le cas d'Hergé de Potzamparc (Figure 13).

3.1.1.5 Les discontinuités de réflexion

Il est à remarquer que dans quelques séquences du parcours, les ondes sonores subissent une cassure caractérisée par un changement d'angle dès qu'elles touchent les parois, cette cassure se manifeste par un changement de directions, faisant l'objet d'une discontinuité liée à la composition de la paroi, ce que nous qualifierons de discontinuités de réflexion.

Cette cassure peut être au niveau des parois extérieures comme dans le cas du Musée juif de Berlin de Daniel Libeskind (Figure 14) qu'on nommera de réflexion externe, comme elle peut être entre les parois intérieures on citera à titre d'exemple le Musée historique de Salzbourg de Hans Hollein où on parlera de réflexion interne (Figure 15).

3.1.1.6 Les discontinuités de son direct

L'existence des éléments modificateurs sonores ou des obstacles qui empêchent le son de passer de l'émetteur (guide) au récepteur (visiteur), engendrent ce que nous appelons les discontinuités liées au son direct. En fonction

de l'intensité, ces discontinuités peuvent être de nature forte, moyenne, ou faible.

Nous pouvons citer le cas du musée départemental préhistoire de Roland Simounet ou le son direct est pratiquement fort dans la plupart des séquences. Et le KUNSTHAL, de Rem Koolhaas nous le qualifions de moyen, mais au RDC du musée d'Art moderne et d'Architecture Stockholm, de Rafael Moneo on le qualifie de très faible (Figure 16).

3.1.1.7 Les discontinuités de frontière sonore

Les discontinuités des frontières sonores sont liées aux caractéristiques de la conformation où le son est au-dessus ou au-dessous des limites audibles. Ceci marquera les limites de la zone d'audibilité.

Nous citerons l'exemple du Musée Hydraulique de Juan Navarro Baldeweg (Figure 17) où on constate l'absence des frontières sonores dans quelques séquences telle que la Séquence 04 et leurs présences dans d'autres telle que la Séquence 02.

3.1.2 Les correspondances entre les discontinuités

Après avoir repérer et identifier les discontinuités dans notre corpus d'étude, on a essayé de trouver les correspondances entre les discontinuités résultantes de notre analyse statistique, dans le but de regrouper les discontinuités favorables à la création des topologies sonores.

Nous avons obtenu des catégories de familles de correspondance qui sont:

3.1.2.1 Discontinuité de L'orientation/ la direction

Il est à remarquer que les discontinuités de l'orientation sont souvent associées aux discontinuités de la direction, ces deux éléments caractérisent la source sonore.

Dans le du Musée National de Tayac de Jean-Pierre Buffi, on a constaté que la source sonore change de direction quand le parcours des espaces d'exposition est de forme fermé et circulaire, et la source devient fixe par rapport à l'orientation et à la direction dès que le parcours est de type linéaire.

3.1.2.2 Discontinuité de la Frontière sonore/le Son direct/le Son utile

Les discontinuités des frontières sonores sont souvent associées aux discontinuités du son direct et à celles du son utile, dans la plupart des cas d'étude de notre corpus, et ce quel que soit le type de parcours (Figure 18).

On cite l'exemple du Musée Hydraulique Espagne où les discontinuités de son direct renvoient aux discontinuités de son réfléchi et automatiquement à la discontinuité de la

frontière sonore c'est le cas de 68% des musée de notre corpus d'étude, on peut aussi citer l'exemple du Musée Guggenheim Bilbao où la discontinuité de son direct renvoie aux discontinuités de son utiles et ce dans les deux cas de parcours qu'il soit linéaire ou labyrinthe.

3.1.2.3 Discontinuité du Son masqué /l'Echo

Les discontinuités du son masqué sont très fortement liées aux discontinuités de l'écho. Les musées qui ont un taux très fort de son masqué sont ceux qui comportent beaucoup d'écho, le son masqué à la base est un son qui a une fréquence hors des fréquences audibles, l'explication de ce phénomène est liée au comportement de ce son s'il est en relation avec un matériau à forte propriété sonore capable de le rendre en état de réflexion changeante de fréquence, il engendre d'autres comportements de l'onde capable de provoquer l'écho.

C'est le cas du Musée du Quai de Rudy Ricciotti, où les niveaux de son masqué sont élevés et correspondent à des taux d'écho très élevés.

3.1.2.4 Discontinuité de la Réfraction /La diffraction/La transmission parasite

Dans les trente musées de notre corpus d'étude, les discontinuités de réfraction sont associées aux discontinuités de diffraction et à celles des transmissions parasites.

C'est le cas de la majorité des musées déconstructivistes, nous pouvons citer le musée juif de belin ou même celui de Guggenheim de Bilbao, où dans le parcours nous trouverons ces trois correspondances à un pourcentage de 87%.

4 CONCLUSION

On a commencé notre recherche en mettant en background la notion du parcours vu son importance dans la conception architecturale des espaces muséaux, on est parti du constat que ce parcours et une composition de séquences liées entre elles et constituant un événement purement sonore. L'événement sonore et de nature invisible à l'œil nu, le seul moyen qui nous permettra de le mettre en exergue est la simulation. Cette dernière sera juste un outil qui nous permettra de voir et de qualifier ces séquences sonores.

La liaison entre les séquences sonores est très variable, elle est continue parfois quand les caractéristiques de la séquence demeurent inchangées, et discontinue quand on remarque une transition qu'on qualifie de rupture ou de discontinuité entre les séquences.

Cette recherche nous a permis de mettre en exergue ces discontinuités sonores caractérisant le parcours muséal et les espaces d'exposition permanente, influant sur l'ambiance sonore au sein du musée. Elle nous a montré aussi que les correspondances qui peuvent exister entre

différentes discontinuités, peuvent nous créer des catégories de discontinuités, capables de s'associer au sein de la même séquence.

Nous avons pu démontrer à travers cette étude que la topologie peut offrir une nouvelle spatialité à l'espace architectural basée sur les variations de l'ambiance sonore au sein de ce dernier.

Nous nous sommes arrêtés dans ce papier à une simple lecture des caractéristiques de la conformation et de l'onde sonore marquant les changements et les variations entre les séquences. Cependant, le champ d'investigation demeura ouvert, puisque en se basant sur les qualificatifs de l'ambiance sonore utilisés par les concepteurs et les usagers de l'espace muséal, et en les faisant correspondre à ces résultats nous pourrions obtenir une relation qui associera pour chaque type de discontinuité un qualificatif qui lui convient (une appellation de la topologie en question). Nous pouvons aussi en prendre la notion du parcours vérifier l'existence des topologies sonores dans d'autres types de projets.

Cette investigation permettra de créer grâce à la programmation informatique une interface qui permettra en introduisant des données de musées similaires obtenir les types de topologies existantes dans les musées en question. (La perspective de recherche)

Il est aussi à remarquer que nous avons déjà testé cette méthodologie sur l'ambiance lumineuse, et thermique, nous pouvons par la suite déduire les séquences ambiantales, où nous trouvons une combinaison entre deux ou trois typologies d'ambiances.

REFERENCES

- [1] Bonnet. G (2005), Rayons sonores et ondes de lumière, publié sur <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/RaySon.xml> le 18/04/2005 consulté 22/08/2015
- [2] Cheung A.C.S (2005), Sonic Architecture: A Modulator of Sound and Space, A thesis submitted to The Faculty of Graduate Studies and Research in partial fulfilment of the requirements for the degree of Professional Masters of Architecture School of Architecture Carleton University Ottawa, Ontario
- [3] Corcuff M.P (2007), Penser l'espace et les formes, Thèse de doctorat en géographie, le 26 novembre à l'Université de Rennes 2
- [4] Guiseppea.D .C (2001), Architecture and science, published by Wiley academy, Great Britain
- [5] Godowsky M. (2000). Daylighting for Sustainable Design. Ed. McGraw Hill, New York.
- [6] Ibrahim M. H. (1997) A Typology of Building Forms, J King Saud Univ., Vol. 9, Arch. & Planning, pp. 1-30.
- [7] Pigeon J.R. (2013), Essai (projet) soumis en vue de l'obtention du grade M.Arch. École d'architecture Université Laval 2013
- [8] Jouhaneau J (2003), Acoustique des salles et sonorisation, Editeur(s) : Tec et Doc - Lavoisier Collection : Acoustique appliquée.
- [9] Laville, Y, (2015), Théorie et pratique du son dans les musées, La Lettre de l'OCIM [En ligne], 159 | 2015, mis en ligne le 01 mai 2016, consulté le 20 janvier 2017.
- [10] Mariani-Roussset S, (1996), la méthode des parcours dans les lieux d'exposition, l'espace urbain en méthode, p29-p85.
- [11] Martinez, L (2003), Oyez ! Le son s'expose, Dossier : La musique dans les musées de société.
- [12] Meyer M. (2013), la communication par le son dans les musées et les expositions, revue le son dans les musées. doc.ocim.fr/LO/LO004/LO4-P.PDF consulté le 13 /06 /2017
- [13] Platel C. E (2007), Musique imaginaire, écouter, analyser, imaginer, créer, composer de la musique du 21ème siècle, Ed imagimuse.net-C. Platel, les Molières, France
- [14] Saraiva M, (2001) L'environnement sensible dans les musées à caractère ethnologique Thèse de doctorat encadré par : J.F. Augoyard.
- [15] Saraoui. S, Belakehal. A (2011), Parcours et séquences : des éléments fondamentaux pour une lecture topologique spatio-lumineuse de l'espace muséal. Actes de la conférence BASC'2011,
- [16] Schöffner N (1974), La Nouvelle charte de la ville : la ville cybernétique, Ed Paris : Denoël : Gonthier, 197, cop.
- [17] Thibaud J.P (2002), L'horizon des ambiances urbaines, habiter 185-201.
- [18] Thibaud J.P, (2001) L'espace urbain en méthodes, Editions Parenthèses.

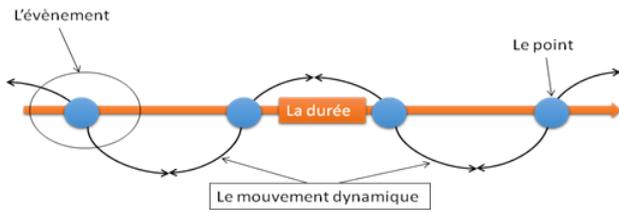


Figure 01: synthèse de la définition de la topologie
 Source: Auteur, 2009

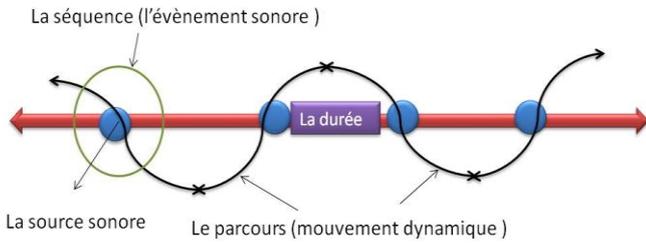


Figure 02: synthèse de la définition de la topologie sonore
 Source : Auteur, 2009

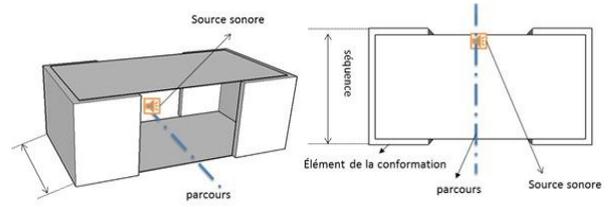


Figure 03: Situation de la séquence dans le parcours.
 Source : Auteur, 2014

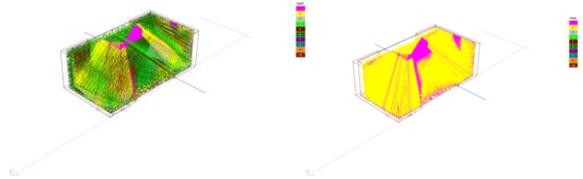


Figure 04: Traitement ECOTECT par largeur d'onde
 Source : Auteur, 2014

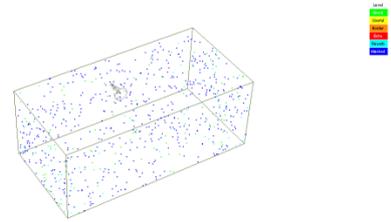
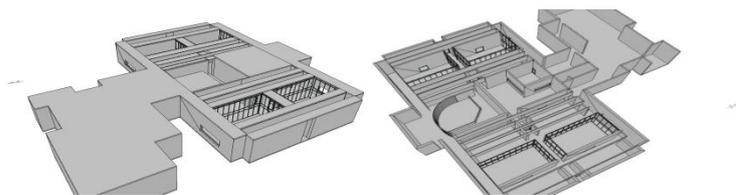


Figure 05 : Traitement ECOTECT par surface d'incidence.
 Source : Auteur, 2014



La perspective totale et éclatée du modèle réduit 3D

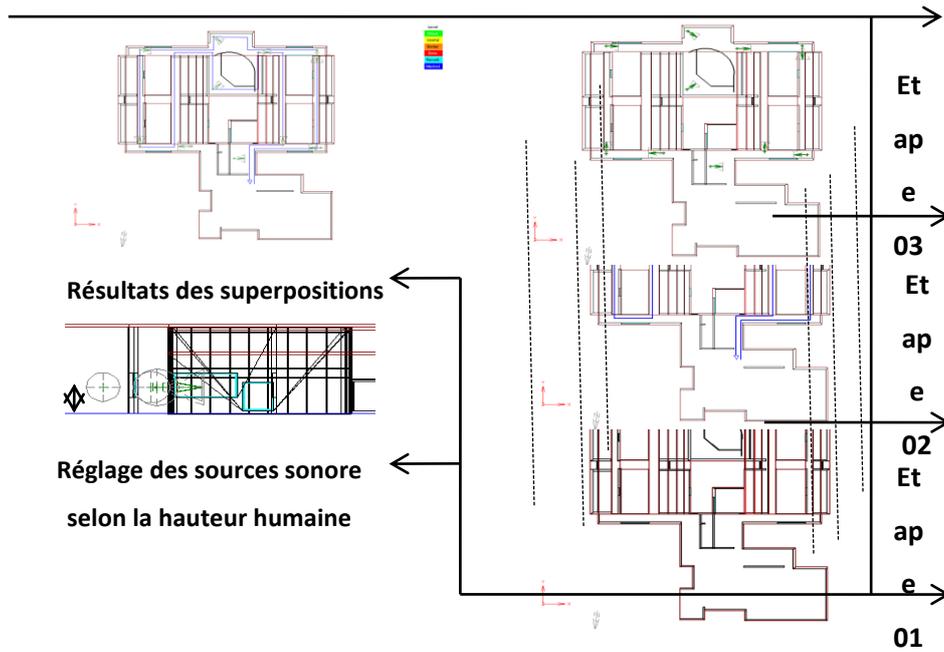


Figure 06 : les étapes de l'analyse séquentielle

Source : Auteur, 2014

Tableau 03: les séquences sonores du parcours muséal obtenues par filtre de largeur d'onde pour le cas du musée départemental préhistoire conçue par l'architecte Roland Simounet.

Source : auteur, 2016

Séquence	S01	S02	S03	S04	S05
Résultat					
Séquence	S06	S07	S08	S09	S10
Résultat					

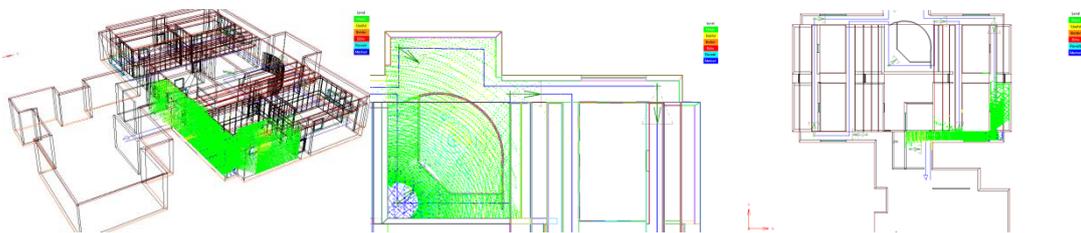


Figure 07: les séquences sonores du parcours muséal obtenues par filtre surfaces d'incidence pour le cas du musée départemental préhistoire conçue par l'architecte Roland Simounet

Source : auteur, 2017

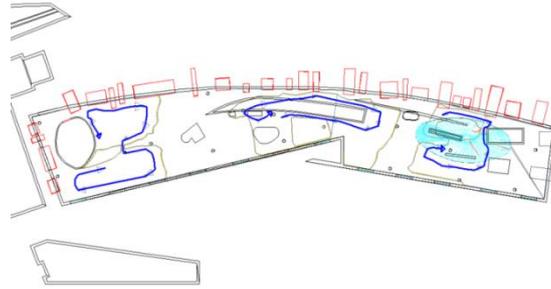


Figure 08 : Des discontinuités sonores d'orientation Musée du quai de Branly
Source : auteur, 2016

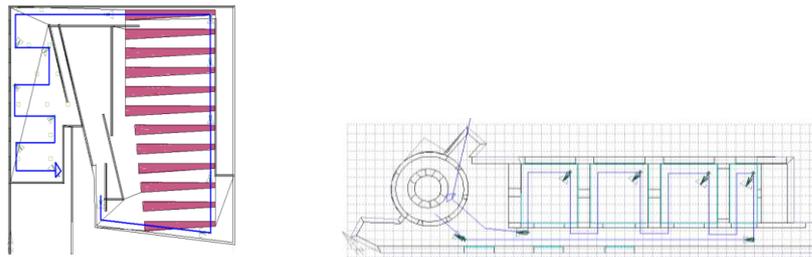
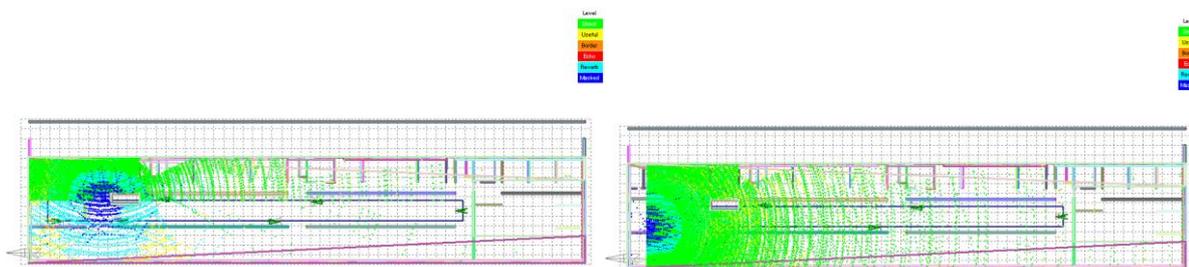


Figure 09: les discontinuités de direction
Source : auteur, 2016



Séquence02 Séquence08
Figures 10.11 : Discontinuités sonore de la réverbération cas du Musée de l'Archéologie maritime
Source : auteur, 2016



Figure 12.13 : Les discontinuités du son utile, Humburger Bahnhof Museum et Musée Hergé
Source : auteur, 2016

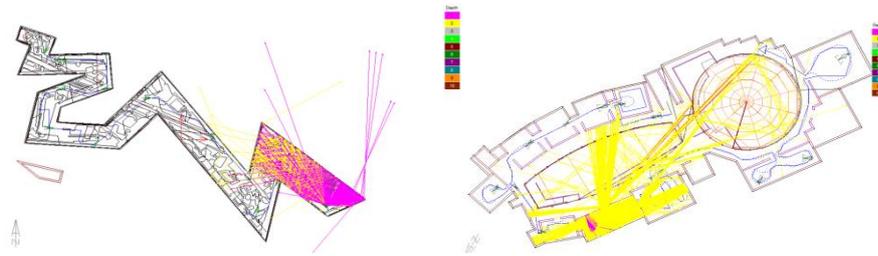


Figure 14.15 : les discontinuités de réfraction externe et interne

Source : auteur, 2016.

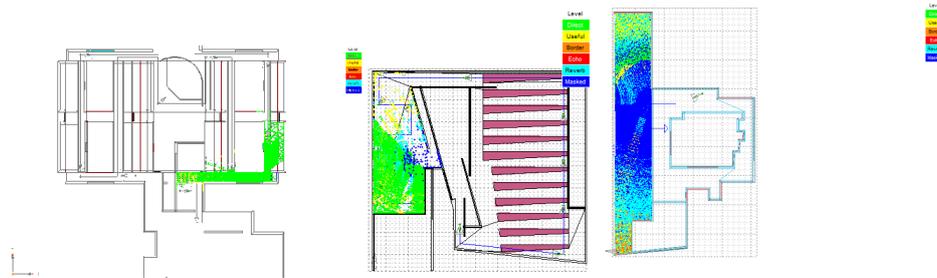


Figure 16 : Les discontinuités du son direct

Source : Auteur, 2016.



Séquence02

Séquence04

Figure 17 : Les discontinuités de la frontière sonore

Source : Auteur, 2016

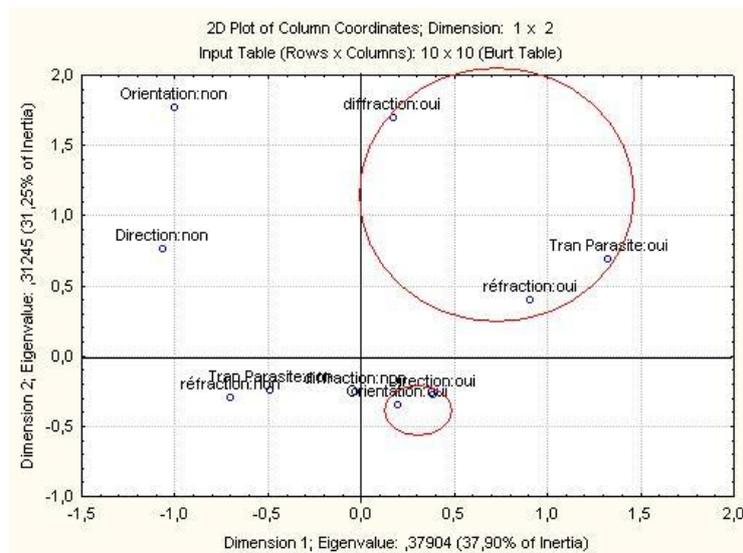


Figure 18 : la correspondance des discontinuités sonores

Source : Auteur, 2016