Perception-Espace-Interaction

Le sens du son

Raphaëlle Duquesnoy

Master Design Sonore
École supérieure des Beaux-Arts
TALM – Site Le Mans
9 Décembre 2016

Sommaire

Introduction

p.9

I. Rapport fusionnel aux sons : un instinct sonore

Le sujet écoutant

1.1 Le fait sonore

p.15

1.1.1 La nature du son

p.15

1.1.2 Musique et bruit. Approche expérimentale

p.20

1.1.3 Le rythme

p.22

1.2 La physiologie de l'oreille

p.24

1.2.1 Organe de l'ouïe

p.24

1.2.2 Les vibrations pour percevoir le son

p.26

1.3 Le cerveau sonore

p.27

1.3.1 L'instinct de la musique

p.27

1.3.2 Organisation des sons par notre cerveau

p.29

1.4 L'écoute : La perception sonore

p.31

1.4.1 L'approche de Pierre Schaeffer

p.32

1.4.2 L'écoute : un travail de description

p.34

1.4.3 L'écoute : l'enjeu contemporain

p.35

II. Environnements sonores
Perception et représentation sonore dans l'espace

Le sujet dans son environnement

2.1 Le paysage sonore : une prise de conscience du monde p.41

2.1.1 La partition de R. M. Schafer p.41

2.1.2 Pour une écoute du monde p.44

2.1.3 Ecologie sonore p.45

2.2 Espace sonore de l'auditeur p.47

2.2.1 Onde acoustique p.47

2.2.2 Acoustique architecturale p.50

2.2.3 Perception de l'espace p.52

2.3 Systèmes d'écoute ou la représentation de l'espace sonore p.54

2.3.1 Systèmes d'écoute et de diffusion p.54

2.3.2 Synthèse de champ sonore : système de diffusion immersif p.59

2.3.3 Sculpter le son dans l'espace p.62

2.4 Redéfinir l'auditorium p.67

III. Le dispositif comme concept artistique et social

Interactions envisageables entre sujet et installation sonore

3.1 A l'origine : l'expérimentation artistique p.72

3.1.1 L'Art cinétique : les formes en mouvements p.72

3.1.2 L'Art cybernétique p.74

3.1.3 Le concept dans l'art p.76

3.2 L'art du son p.80

3.2.1 L'Art Sonore dans l'installation p.80

3.2.2 Formes et illustrations tangibles de l'installation sonore p.82

3.3 Installation et interaction p.88

3.3.1 L'œuvre en situation p.88

3.3.2 L'interactivité dans l'œuvre p.89

3.4 Le dispositif : expérimentation et processus p.90

3.4.1 Donner lieu à l'expérience p.91

3.4.2 Expérimenter avec le public p.91

3.4.3 Le dispositif, théâtre du temps et du mouvement p.93

Conclusion p.96

Bibliographie p.99

J’aimerais remercier,

Peter Sinclair et Elena Biserna de l’unité de recherche en expérimentation sonore Locus Sonus à Aix en Provence, Mitsuko Aramaki du laboratoire de mécanique et d’acoustique du CNRS de Marseille, Gilles Malatray, Promeneur écoutant à Lyon et Markus Noistering de l’équipe Espaces Acoustiques et Cognitifs de l’IRCAM à Paris, pour m’avoir consacré de leurs temps et pour avoir répondu à mes interrogations quant à l’écriture et la réalisation de ce mémoire.

Philippe Langlois, Olivier Houix, Ludovic Germain, Fabien Bourdier, Miguel Mazeri, Detty Flynn, Ronan Le Régent, Laura Brunellière, Georgina Corcy et Marie-Laure Cazin de l’école Supérieure des Beaux Arts du Mans.

Blandine Tourneux du Fresnoy pour m’avoir permis d’expérimenter et de m’ouvrir à de nouveaux horizons sonores dans ses studios. Yann Hauvet, de La Péniche de Lille, les associations Party Program et Mohamed Dali de la Malterie à Lille, pour m’avoir permis de faire trembler leurs murs pendant quelques années.

Mary-Alyre Duquesnoy, Marie Barras, Monique et Jean Jacques Grignon, grâce à qui, il m’a été possible de reprendre mes études, et écrire ce mémoire.

A la mémoire de mon père, pour qui je ferai toujours du bruit ...

Introduction

Ce mémoire est une invitation à interroger et à définir le concept du dispositif sonore. Sa finalité, ses enjeux, l'espace qu'il esquisse et l'expérience qu'il propose à ses spectateurs. Il est une tentative de théorisation réflexive dans l'optique de recentrer l'écoute, comme sens privilégié de notre perception et de conscience de notre milieu, pour ainsi pouvoir en contempler sa beauté autant que sa laideur. « Perception, espace et interaction » est un cheminement méthodique de la conception d'un dispositif sonore. Que ce dispositif soit à des fins artistiques ou industrielles, la difficulté reste à recentrer une attention et une compréhension de l'écoute ainsi qu'une réflexion sur le sens que le son peut donner à notre expérience du présent. Le développement des technologies a pris un rythme fulgurant depuis le début du 20e siècle, ce qui confère en tant qu'artiste, créateur ou designer, des outils performants et faciles d'accès pour la conception de nouvelles productions. La technologie est- elle suffisante à la création et à l'évolution de nouveaux mécanismes à destination du public ? Comment établir un concept qui recentre l'écoute et une prise de conscience d'un individu à la sphère dans laquelle il évolue ?
Cette réflexion globale sur le dispositif sonore doit prendre appui sur le vécu autant que sur la perception immédiate de chacun. Elle se doit aussi de considérer les expérimentations et les recherches entreprises dans les domaines scientifiques, artistiques et philosophiques auxquelles le son renvoie. Cet aspect interdisciplinaire sera la base de l'élaboration de ma réflexion. Dans le sillage de plusieurs figures théoriciennes et praticiennes, je propose une exploration en trois axes, qui décriront ma réflexion sur la conception d'un dispositif sonore.

J'aborde ma recherche avec le sujet écoutant et son rapport fusionnel au son. Il s'agira de définir la perception auditive dans son sens large, mais aussi la matière originelle qu'est le phénomène sonore. Car nous vivons constamment dans un milieu d'ondes sonores, notre existence est peuplée de sons et ne connaîtra jamais le silence. L'onde sonore, musicale, vocale, bruitiste ou environnementale est un phénomène acoustique qui se traduit par une onde vibratoire émanant de sa source. Les caractéristiques physiques attribuées au son sont directement reliées au fonctionnement de notre système auditif. Celui-ci fonctionne tel un transducteur d'énergie mécanique (l'onde sonore) en impulsions électriques, traitées par le cerveau et le système nerveux.

Notre rapport au son est d'abord physique et neurologique, car en plus d'avoir un appareil auditif perfectionné, le cerveau à une capacité de traitement et d'analyse assez précise. Viennent ensuite l'écoute et la perception du son, qui se définissent essentiellement par une réflexion sur l'objet et sur la nature du son, et par un travail de description, tel que l'a fait Pierre Schaeffer. Le décor est posé : nous sommes des sujets écoutants, condamnés à entendre, dans un milieu en perpétuel renouveau sonore.

Dans un second temps, redécouvrons l'environnement sonore. Il n'y a pas de son sans espace, il en est de même pour le dispositif. Aborder l'espace avec le son, c'est étudier la partition de son environnement autant que son écologie. Nous étudierons quelques considérations perceptives et acoustiques propres à l'espace sonore, pour mieux comprendre comment réagissent et interagissent les ondes acoustiques parallèlement à nos sens dans un milieu, ainsi que leurs significations en terme d'architecture et d'expérience. J'aborderai la technologie en matière de reproduction sonore, de son évolution au cours du 20e siècle, jusqu'aux nouvelles avancées dans la diffusion sonore qui sculptent le son jusqu'à en recréer un espace virtuel immersif. Enfin je propose une réflexion sur les nouvelles notions de l'auditorium, induites par les nouvelles technologies, de la place qu'y tiennent l'auditeur, la création et l'environnement sonore.

Enfin, interrogeons le concept du dispositif et les interactions possibles entre un spectateur et une installation sonore. Pour cela, il est nécessaire de faire un retour sur les expérimentations artistiques de la première moitié du début du 20e siècle, qui auront défini les fondements d'un art décloisonné, en replaçant le public au centre de l'œuvre. Grâce à ce décloisonnement l'art sera sonore sous une forme matérielle et immatérielle. L'évolution technologique fut toute aussi foisonnante et permit à l'homme d'interagir avec la machine. Un questionnement subsiste toutefois ; l'artiste est-t'il au service de la technologie, ou y voit- il plutôt un attachement dans l'expérience du spectateur ? Ce questionnement nous ramène à l'essence même du procédé de mise en place de l'œuvre en situation, et de ce qu'elle peut générer comme machine et comme machination. Nous verrons que celui-ci a un mode d'écriture propre qui invite le public dans le processus d'une œuvre. L'artiste, avec le dispositif sonore, se risque à une instabilité permanente.

Tous les liens proposés à la lecture de ce mémoire sont disponiblent à cette adresse :

http://raphaelleduquesnoy.com/memoire

“L’oreille a en propre chez l’être humain d’être un organe à la fois externe et interne, d’où peut être la symbolique particulière qui s’attache au son et qui en fait un lien entre les différents mondes (réel, imaginaire) et les différents niveaux (physique et spirituel)”

Michel Chion, Le traité d’acoulogie

Tous les liens proposés à la lecture de ce mémoire sont disponiblent à cette adresse :

http://raphaelleduquesnoy.com/memoire

I. Rapport fusionnel aux sons : un instinct sonore

Nous vivons constamment dans un milieu d'ondes sonores, notre existence est peuplée de sons et ne connaîtra jamais le silence. L'onde sonore, musicale, vocale, bruitiste ou environnementale est un phénomène acoustique qui se traduit par une onde vibratoire émanant de sa source. Les caractéristiques physiques attribuées au son sont directement reliées au fonctionnement de notre système auditif. Celui-ci fonctionne tel un transducteur d'énergie mécanique (l'onde sonore) en impulsions électriques, traitées par le cerveau et le système nerveux.
Notre rapport au son est d'abord physique et neurologique, car en plus d'avoir un appareil auditif perfectionné, le cerveau à une capacité de traitement et d'analyse assez précise.
Viennent ensuite l'écoute et la perception du son, qui se définissent essentiellement par une réflexion sur l'objet et sur la nature du son, et par un travail description, tel que l'a fait Pierre Schaeffer. Le décor est posé : nous sommes des sujets écoutants, condamnés à entendre, dans un milieu en perpétuel renouveau sonore.

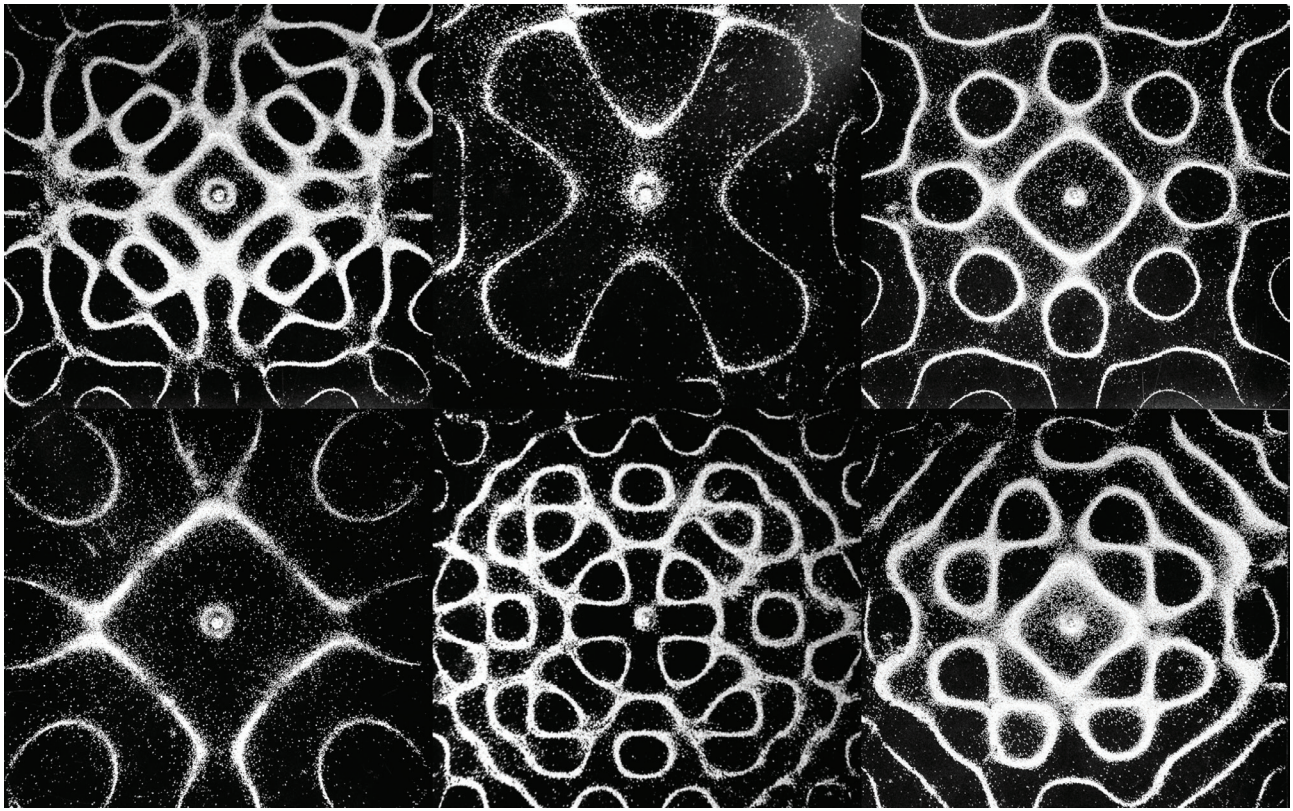
1.1 Le fait sonore

1.1.1 La nature du son

Le son est une vibration mécanique qui se propage de proche en proche dans un milieu gazeux, liquide ou solide et ce, sans déplacer de matière.
L'onde sonore se propage grâce à l'oscillation de molécules (pression et dépression) dans l'air ou dans l'eau, ou par des atomes dans un solide. L'impulsion sonore se transmet, et non la matière. On peut comparer le déplacement d'une onde sonore aux formes que provoque un caillou qui tombe dans l'eau. Le son est donc totalement invisible et impalpable, mais on le ressent à chaque instant.
Pour caractériser une vibration mécanique complétement invisible, exposons ces quatre principaux descripteurs : sa hauteur, son intensité, son timbre et sa durée. Ceux ci, nous le verrons tout au long de cet écrit, sont intimement liés à notre perception de l'écoute.

Lien n°1
Visualisation d'un spectrogramme. Exposition de Bernie Krause, « Le Grand Orchestre Animal »
Fondation Cartier, Paris. Octobre 2016

La *hauteur* est la sensation qui permet de qualifier dans le spectre sonore, un son grave d'un son aigu. Elle se caractérise par la fréquence ou par la note, soit le nombre d'oscillation de l'onde sonore sur une seconde. La fréquence s'exprime en Hertz (Hz). 1Hz = 1 vibration par seconde. Le domaine d'audibilité de l'oreille humaine perçoit un spectre de fréquences entre 20 à 20 000 Hz.



Figures issues des expériences de Ernst Chladni en 1777, il sera considéré comme le fondateur de l'acoustique moderne. Une plaque rigide est fixée sur un support, sur laquelle est disposé du sable, puis est mise en vibration sur l'effet du frottement d'un archet. Sous l'excitation de l'achet, la plaque vibre et le sable se déplace vers des zones ou les vibrations sont presque nulles, (les nœuds de vibration des ondes stationnaires) et restent ainsi en place sous des formes géométriques. Les figures varient selon la modification de la position du point d'excitation. Les figures de Chladni sont souvent utilisées en facture instrumentale afin de contrôler l'acoustique d'un instrument de musique. Elles nous permettent ici de visualiser des sons.

Un son peut être concentré sur une seule fréquence, on parle alors de son pur ou de son simple. Le son est dit pur si la vibration qu'il propage est sinusoïdale. Il n'existe pas dans la nature et est généralement d'origine électronique.
En musique, dans notre quotidien comme dans la nature, on retrouve essentiellement des sons complexes, qui sont une combinaison de plusieurs sons purs, et de fréquences harmoniques.
Les fréquences harmoniques sont des multiples d'une fréquence fondamentale. La fondamentale aussi appelée l'harmonique du premier rang détermine la hauteur d'un son.
C'est sur cette base qu'un son se construit. Elle fixe la périodicité du signal complexe et se distingue par des harmoniques de rang pair, plus agréables à l'oreille et des harmonies impaires. Par exemple pour le *la* du diapason à 440Hz, on retrouve la première harmonie paire à 880Hz, puis impaire à 1320 Hz et ainsi de suite.

Lien n°2
Proposition d'écoute : fréquence pure et fréquences harmoniques

Aussi, plus la fréquence fondamentale est basse, plus elle paraitra riche en harmoniques puisque celles ci seront plus nombreuses dans le domaine d'audibilité que pour une note aiguë. Plus un signal complexe est riche en harmonique, meilleure sera la perception de la hauteur, car les harmoniques aident à recréer la note fondamentale dans notre cerveau.

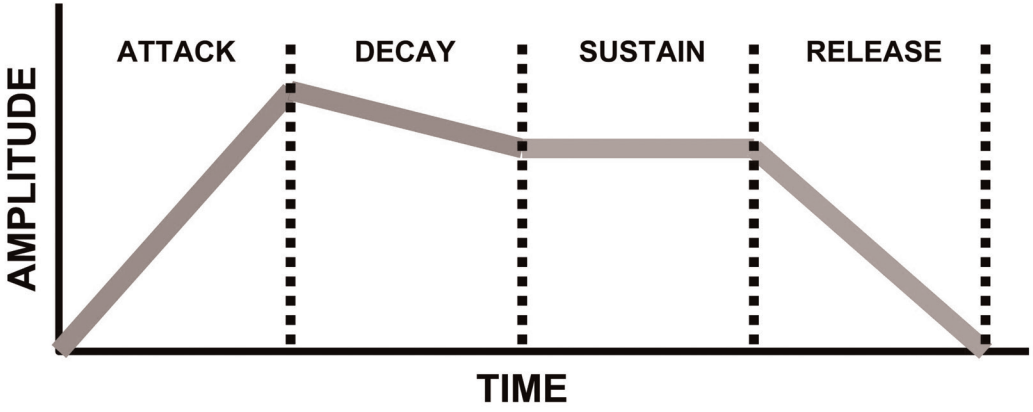
L'*intensité*, ou le volume sonore, est la sensation de son fort ou de son faible. Elle se réfère le plus souvent à la pression acoustique, unité exprimée par l'énergie rayonnée par une source, et permet d'en mesurer le niveau sonore. L'intensité est liée à l'amplitude de l'onde sonore qui est donnée par l'écart entre la pression la plus forte et la plus faible de l'onde sonore.
En mesure acoustique, l'intensité est exprimée en décibel (dB). Le décibel est une unité logarithmique, permettant de définir l'intensité du son par rapport à une unité de référence. La zone d'audition est comprise entre la limite de la douleur à 120 dB et la seuil d'audibilité à 0dB.

Quelques exemples de sons du quotidien par rapport à l'échelle du champ auditif humain :

120 dB : coup de tonnerre à proximité
110 dB : train passant à proximité/concert de Rock
90 dB : bruit de circulation intense
80 dB : rue animée, salle de réunion
70 dB : intérieur d'un train en marche
60 dB : conversation courante
50 dB : appartement normal
40 dB : extérieur calme, campagne
30 dB : appartement dans quartier calme
20 dB : extérieur très silencieux
0 dB : seuil d'audibilité

Le *timbre* est une sensation plus complexe qui permet d'identifier deux sons d'une même hauteur et d'une même intensité, qui proviennent de sources différentes. Il permet de reconnaître la nature d'un son et se caractérise par son enveloppe spectrale, la répartition de son énergie harmonique, l'évolution des fréquences au cours du temps et des micros variations telles que des modulations ou des distorsions.

Le timbre est lié à la qualité de l'enveloppe temporelle et spectrale. C'est à dire la manière dont l'intensité sonore et la composition harmonique varient au court du temps. Le timbre est aussi lié à l'amplitude du son avec l'enveloppe l'ADSR (attack, delay, sustain, release).



Le timbre nous permet de reconnaître à l'oreille un stradivarius d'un violon courant, autant qu'il permet de décrire des sons de même nature et en synthèse sonore de créer de sculpter des sonorités.
La *durée* représente le déroulement du son dans le temps pendant lequel on peut identifier sa hauteur, son intensité et son timbre. Elle est exprimée en millisecondes et permet de définir un son bref d'un son long. La durée d'un son a un rapport direct avec le rythme. Nous allons revenir cette à notion fondamentale qu'est le rythme un peu plus tard.
Avant, arrêtons nous à la sémantique du son. Autant que le son peut être musique, bruit ou juste un son.

“

Let the sound be themselves”
John Cage

Il est difficile de parler d’une onde vibratoire sans en expliquer le phénomène et en donner une explication plus complète. Au delà de l’aspect théorique, il est intéressant de se pencher sur une autre manière d’interpréter le son. Dans la langue française, nous utilisons souvent le mot « bruit » pour décrire un son. « J’ai entendus des bruits de pas ». Dans cette situation, le son du pas ne s’apparente pas forcément à un bruit. Parallèlement, le mot « son » à beaucoup de définitions. En voici quelques unes, volontairement choisies[1].

- Mouvement vibratoire, périodique ou quasi-périodique, simple ou composé, de fréquence fondamentale et de timbre déterminé, consistant en une perturbation dans la pression, la contrainte, le déplacement ou la vitesse des ondes matérielles qui se propagent ensemble ou isolément dans un milieu élastique, et capable de provoquer une sensation auditive.
- Sensation auditive produite sur l'organe de l'ouïe par la vibration périodique ou quasi-périodique d'une onde matérielle propagée dans un milieu élastique, en particulier dans l'air; p. méton., cette onde matérielle; ce qui frappe l'ouïe, avec un caractère plus ou moins tonal ou musical, par opposition à un bruit.
- Sensation sonore engendrée au niveau des éléments sensoriels, et liée aux stimuli extérieurs.

1. Définition tirée du site « Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales » CNRTL.fr.

A la lecture de ces trois définitions (choisies), le son repose sur un stimulus, avec un caractère plus ou moins tonal et périodique qui engendre une sensation auditive. Le caractère plus ou moins tonal et périodique renvoie à une définition primaire de ce qu’est la musique.
Aussi, nous trouvons une mise en opposition du son au bruit alors que linguistiquement, on parle à tort ou à raison, de bruit pour évoquer un son. Le bruit fait partie des sons.

“

Laisser les sons être ce qu'ils sont - c'est accepter leurs diversités, y compris dans leurs appréhensions, leurs usages, interprétations. C'est ne pas avoir d'avis, ou d’a priori figés, en considérant que chaque chose sonore peut évoluer, et que le beau, le pas beau, le bien et le mal, peuvent se mélanger, transgresser, nous jouer des tours.
John Cage a toujours l'esprit à prendre du recul pour ne pas avoir une pensée ou une écoute unique. Les choses étant ce qu'est le son.”

Gilles Malatray

1.1.2 Musique et bruit : Approche expérimentale

La musique inspire le bruit. Le bruit inspire la musique. Le son est un tout, fait de musiques et de bruits.

Parler de musique et de bruit dans le même corpus, peut sembler étrange. Tant que dans l'esprit commun, la musique et le bruit sont fondamentalement différents. La musique pour ses qualités harmoniques, mélodiques et rythmiques est plutôt agréable. Le bruit serait plutôt inharmonique et non périodique et renvoie irrémédiablement à un emploi péjoratif.
Faire du bruit est généralement synonyme de dérangement ou d'agression. L'approche expérimentale établit pourtant un lien fort, donc controversé, entre ces deux mondes, pourtant pas si éloignés.

La musique est une métaphore du monde et rempli un grand nombre de fonctions culturelles. Elle permet d'exprimer et de communiquer certaines émotions, sans qu'elle soit pour autant ni développée par notre empreinte culturelle, ni dépendante de toute classification musicale[2].
La définition même de la musique est une combinaison harmonieuse ou expressive des sons ainsi qu'un art de s'exprimer suivant des règles variables selon les époques et les civilisations[3].

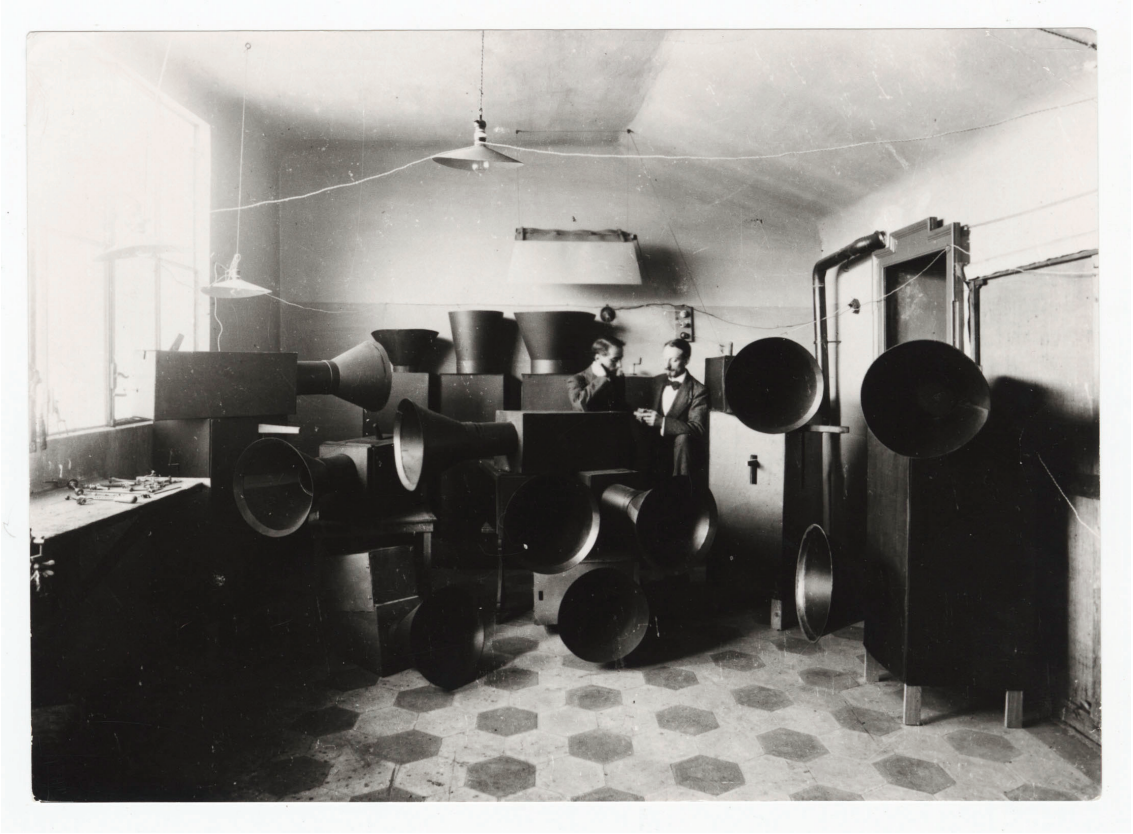
2. Mannes, Elena; « L'instinct de la musique », documentaire, 2008.
3. « Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales » http://www.cnrtl.fr/definition/musique

Les systèmes musicaux sont généralement dotés de son d'une hauteur précise, repérable pour l'oreille pour les différencier plus facilement du son ambiant. *Pierre Schaeffer* les qualifiera de sons « toniques », alors que les sons « complexes » sont plutôt des sons qui n'ont pas de hauteur précise et que nous pourrions caser dans la catégorie des bruits.
Le mot bruit, dans sa sémantique, permet bon nombre d'ambiguïtés. Il est confus, indésirable et inutile. Il ne peut s'apparenter à de la parole ou de la musique et renvoie indubitablement vers une gêne ou une nuisance.

Il y a aussi une idée traditionnelle et figée de la source musicale, car si on prend un son d'une hauteur précise tel qu'un signal de tramway, les puristes diront que ce n'est pas un son musical. Il sera alors, plutôt assimilé à un bruit.
Les critères musicaux habituels et les théories acoustiques sont de tout évidence inadaptés à le décrire. Cette structuration, créée par l'éducation, le langage et la culture demande une acceptation et une résignation pour pouvoir passer à une mise en partition du réel audible. Ainsi, faire évoluer l'idée que la relation entre la musique et le bruit puisse changer[4].

4. Michel Chion. Le Son Traité d'Acoulogie, 2ème Edition p.63 à 68

Dans la musique de *Clause Debussy* (Préludes pour piano) ou celle de *Jean Sébastien Bach* (Ce qu'à vu le vent d'ouest), on trouve des évocations du vent. Une imitation instrumentale du bruit du vent se fond, comme pour le cacher derrière le medium de la matière musicale.



Source : http://comune.modena.it - Luigi Russolo avora agli Intonarumori.

Luigi Russolo, pionnier de la musique dite « bruitiste », a, dès 1913, apporté dans l'orchestre conventionnel, une machine à bruits, baptisée « Intonarumori ».
Luigi Russolo a participé au renouveau de la musique du 20e siècle en initiant tous les sons et tous les bruits imaginables.
Il contribuera, avec son manifeste « l'Art des bruits » (1913), aux prémisses de ce que sera quelques décennies plus tard, la musique électronique et la musique concrète. Russolo, en son temps, marque une césure ; Le bruit devient bel et bien présent dans l'acte musical.
Dans cette même période, d'autres compositeurs comme *Olivier Messiaen* ou *Maurice Ravel*, utiliseront ponctuellement dans certaines de leurs œuvres, l'*éliophone,* instrument de bruitage au théâtre. Il prendra une place dans leurs œuvres similaire à un instrument de musique traditionnel. Arrive une certaine acceptation de l'imitation du bruit dans la musique. Une imitation qui devra toutefois « sublimer » le bruit.

John Cage, dans le courant du 20e siècle, prend un positionnement expérimental dans la musique. Il marque une profonde rupture avec la musique romantique du 19e siècle et formalise (avec ses contemporains comme Pierre Schaeffer), le passage d'une pratique musicale à une pratique des sons, en amenant la notion de rapport entre la pensée et le son. Tout en légitimant l'art sonore et en libérant la musique du 21e siècle à une nouvelle oralité, John Cage rendit le bruit au son et à la musique. Pour le compositeur, tous les sons peuvent être de la musique.[5]

5. CAGE, John, « Le futur de la musique!: credo » (écrit en 1937, publié en 1958), in Silence, Conférences et écrits de John Cage, Éditions Héros-Limite, Genève, 2003, p. 5.

4'33" est une composition de John Cage de 1952, dans laquelle l'interprète doit exécuter trois mouvements en tacet, sur 4 minutes et 33 secondes. Les bruits environnants prennent alors le dessus sur l'écoute, au gré des sons inhérents du musicien, du public lui même et des sons de la salle. 4'33" est une œuvre faussement silencieuse, autant que le silence absolu n'existe pas dans la nature. Son utilisation est clairement intentionnelle pour John Cage, car elle est le moyen d'annuler activement la territorialisation de la musique. A travers une conception du hasard des bruits environnants, Cage nous amène à l'ouverture du sonore, par le fait de laisser entrer tous les sons, les bruits et un silence relatif dans une œuvre musicale.
La musique et le bruit intègrent tous les sons.

Lien n°3 : 4'33" de John Cage. Interprété par David Tudor.

1.1.3 Le rythme

"

Le rythme, c'est l'architecture de l'être, le dynamisme interne qui lui donne forme, le système d'ondes qu'il émet à l'adresse des autres, l'expression pure de la force vitale. Le rythme, c'est le choc vibratoire, la force qui, à travers les sens, nous saisit à la racine de l'être."

Léopold Senghor

Le rythme est une notion qui semble assez difficile à définir tant qu'il n'est pas un concept univoque, mais un terme générique[6].
Nous portons les rythmes en nous, à travers le métronome du cœur, la régularité de la respiration, dans le flux sanguin ou encore le rythme de la marche. Un battement régulier du rythme est de l'ordre de l'acquis vital.
Un enfant peut battre un rythme plus ou moins complexe par lui même, en acquérant en premier une pulsation, à l'oreille. On parle de musique verbale.

6. P. Fraisse, Les Structures rythmiques, Louvain, Publications universitaires de Louvain, 1956

Dés qu'il passe à l'intellectualisation du propos avec l'apprentissage du solfège et de la musique écrite, l'enfant est moins précis pour battre un même rythme, ou tout ceux qu'il aura pu improviser auparavant. Il y lui faudra une longue phase d'apprentissage afin d'être à l'aise avec cette norme, cette métrique musicale.

L'être humain chante et danse en rythme bien avant l'apprentissage du langage. Le rythme qu'il soit émit ou perçu, vient du centre de nos pulsions et de nos énergies. Une fois intériorisé, il se subdivise à l'infini et se remplit d'une arborescence virtuose et diversifiée de pulsations et d'inter pulsations.
Il prend par là toute une forme de manifestation qui peut être vécue et partagée à travers de nombreuses disciplines.

La nature, elle même est régie par le rythme des saisons, du jour et de la nuit, et dans l'expression d'un éternel retour à une position initiale comme par le mouvement d'une vague. Bien sûr, les rythmes de la nature ne sont jamais totalement réguliers, même si il y a les notions de cycles et de symétries. Les marées sont toujours à peu prés à 12 heures d'intervalles, mais pas exactement, ce qui fait que les horaires se décalent de jour en jour. On observe dans la nature un éternel renouveau des mêmes phénomènes.

En musique, la notion de rythme est un langage porteur d'expression. Car il contribue à une esthétique autant que la mélodie et l'harmonie. Olivier Maessian, dans le « traité de rythme, de couleur et d'ornithologie » le définit sous trois aspects :

- La périodicité, mouvements répétés dans un éternel devenir. Le premier mouvement allant vers le deuxième, puis vers le troisième, sans répétition exacte.
- L'irréversibilité, car le temps s'écoule inexorablement sans pouvoir être renversé.
- La symétrie, par une correspondance de forme, de grandeur et de position dans les éléments d'un même ensemble[7].

7. J. Guichet. « Le rythme, source de vie musicale ». Mémoire 2005.

Pour Henri Lefebvre, sociologue et auteur de l'ouvrage « Éléments de rythmanalyse. Introduction à la connaissance des rythmes » , *le rythme est un aspect fondamental du temps et de l'espace qui transcende les pensées et les choses. Il contribue à accommoder le sensible, dans un continuum du corps humain, à la structure sociale du quotidien.* Cette idée se transpose à plusieurs dualismes tel que le corps et l'esprit, le corps et l'environnement et l'intellect et le sensible. Henri Lefebvre insiste sur la périodicité de l'espace et du temps, avec ses répétions et ses différences. Le rythme qui se produit spontanément n'est pas défini par des lois physiologiques. Il implique alors une unité de mesure ou d'échelle.

Parallèlement, Le rythmanalyste de Lefebvre se doit de discerner le monde en commençant par écouter et comprendre les rythmes de son corps, telle une unité de référence. Il en sera ainsi capable de discerner l'harmonie d'une réalité naturelle (eurythmie) d'un déséquilibre qui

tend à une pathologie (arythmie). Ainsi unifier son idée du monde à travers ses sens en plus de ses idéologies et de son expérience.
« Pour le rythmanalyste, rien n'est immobile. Il entend le vent, la pluie, les tempêtes. Mais s'il considère une pierre, un mur, un tronc c'est parce qu'il comprend leur lenteur et leur rythme interminable. Cet objet n'est pas inerte et le temps n'est pas mis de côté pour lui. Il est seulement lent par rapport à notre temps, à notre corps, la mesure des rythmes. » [8]

8. Henri Lefebvre, « Rythmanalysis » 2004, p.7

Cette dernière approche du rythme peut sembler étonnante quand on parle de sons et de musique. Elle introduit pourtant une description de la physiologie humaine et particulièrement de la perception auditive.

1.2 La physiologie de l'oreille

“

Sans oreille vivante, il n'y a pas de son au monde, seulement des vibrations”

Johannes Müller, Manuel de physiologie.1845

1.2.1 Organe de l'ouïe

L'oreille est l'organe qui perçoit 90% de l'énergie acoustique (signaux sonores) et constitue un système élaboré dans la perception des sens. Elle transforme une vibration mécanique en influx nerveux, au travers de trois parties distinctes : l'oreille externe, l'oreille moyenne et l'oreille interne. Ces trois parties en font un système acoustico-mécano-électrique, comparable au principe de transduction d'un microphone.

Il est intéressant de s'arrêter à une description sommaire de chaque partie de l'oreille et d'en découvrir leurs complexités et leurs complémentarités. Qui de par sa rapidité d'exécution et sa précision, en font un outil d'analyse des sons redoutable, défiant toutes les possibilités des machines de laboratoire, même les plus perfectionnées[9].

9. Tomatis, L'Oreille et le langage. 1978, p.60.

L'oreille externe est la partie acoustique de l'oreille qui amplifie les sons. Elle est constituée du pavillon et du conduit auditif. Elle protège les parties internes de l'oreille et aide à filtrer les fréquences utiles à la communication verbale. Ces fréquences sont généralement situées vers les 3000 Hz, *fréquence typique de la compréhension de la voix chez l'homme*.

L'oreille moyenne, partie mécanique de l'appareil auditif, est constituée du tympan, de la chaîne des osselets (marteau, enclume et étrier) ainsi que de la trompe d'Eustache. Cette partie de l'oreille transforme la vibration du son dans l'air via le tympan, qui agit telle une peau de tambour, en le transmettant aux osselets. *L'oreille moyenne atténue les basses et hautes fréquence afin d'amplifier les fréquences utiles à la compréhension de la parole.*
L'oreille moyenne a en plus un rôle de protection à partir de 80dB et ce, jusqu'à une certaine limite d'intensité, mais aussi de temps.

On comprend mieux que l'oreille a des performances de détection très grandes car le système auditif est sensible à des déplacements de tympan infimes. Ce qui veut dire que l'oreille a une marge d'intensité très étendue qui lui permet de différencier de très faibles intensités entre deux sons.

L'oreille interne est la partie électrique de l'organe de l'ouïe. Elle se compose du système vestibulaire, organe de l'équilibre, et de la cochlée qui est au cœur du système de transmission au cerveau. La cochlée est une structure composée de la membrane basilaire enroulée en forme de spirale autour d'un axe osseux qui transmet les vibrations des osselets en influx nerveux vers le nerf auditif via les cellules ciliées. Ces dernières, en fonction de leur placement sur la longueur de la membrane basilaire permettent de discriminer précisément les fréquences audibles perçues par l'oreille. Elles sont aussi très sensibles au volume sonore. Plus le son est fort, plus la membrane basilaire entre en vibration, plus l'influx nerveux sera intense.

La vibration initiale perçue par l'oreille externe est alors transformée en message électrique qui contient des informations très précises sur la hauteur du son et son intensité. Ce message électrique est dirigé vers le cortex cérébral où les informations seront traitées et analysées par le cerveau.

Voilà une première approche de notre perception des sons à travers notre système auditif. Notons que l'oreille semble avoir été conçue pour discerner plus facilement les fréquences, ou hauteurs de sons, propres à la voix humaine.
Même si les origines du langage sont encore floues, l'homme a évolué en forgeant le son de sa voix sur sa capacité à la percevoir. Elle est le moyen le plus direct et le plus limpide pour communiquer entre individus. L'oreille est particulièrement sensible à deux critères du son, la hauteur et l'intensité. Le timbre et la durée du son seront des éléments utiles à la perception.

1.2.2 Les vibrations pour percevoir le son

“

Si le son fait vibrer notre corps comme une ritournelle,
cela nous rappelle que nous sommes constamment des êtres vivants”

Arnaud Eeckhout, Artiste audio-plasticien

Il est intéressant de s’arrêter sur le fait que tout notre corps réagit au son. Nous entrons en vibrations par transmissions osseuses, par nos intestins et tous nos organes contenant de l’air. *Alfred Tomatis* dans une discussion avec *Michel Chion* affirmait que tout le corps, c’est à dire la colonne vertébrale, les viscères en suspensions, et toute la peau dans son intégralité entrent en vibration. Certaines musiques font bouger le ventre et d’autres font trembler les membres inférieurs[10]. La vibration est un effet extra-auditif du son.

10. Dumaurier, Elisabeth. Le pouvoir des sons, cahiers recherche n°6, Paris, Observatoire musical Français, 1978. P46

La musicienne Ecossaise *Evelyn Glennie*, sourde depuis ses 12 ans, est une percussionniste virtuose diplômée de la Royale Académie de Musique de Londres. Evelyn explique entendre la musique qu’elle interprète par les vibrations. Les vibrations de ses mains, ses bras, son cuir chevelu, son ventre, ses jambes, toutes les parties de son corps. Particulièrement avec les timbales, par la façon de poser son geste sur son instrument, elle interprète et ressent aisément les changements d’intensités, de jeux et de dynamique. A travers son ressenti physique, la percussionniste peut discerner les différences d’acoustiques des salles où elle se produit, la qualité de son instrument, le type exact de baguettes avec lesquelles elle est entrain de jouer et même la couleur de la note.
Evelyn Glennie apporte un témoignage et une expérience préciseuse et complémentaire à la perception du son.

Lien n°4
Evelyn Glennie, «Libertango Astor Piazzolla»

Viennent ensuite plusieurs processus perceptifs et cognitifs de l’analyse des sons par le cerveau que la Science a su observer, explorer et théoriser. Ces processus agissent sur notre perception des sons et des scènes auditives que nous vivons quotidiennement et la recherche nous permet de détailler comment les sons agissent sur notre cerveau.

1.3 Le cerveau sonore

Le son est générateur d'émotions : de joie, de peur, de stress, de souvenirs, de plaisir. Il peut rassembler comme il peut éloigner. Il peut prévenir d'un danger imminent comme il peut nous procurer des sensations agréables.
Les effets du son se répercutent chez tous les êtres humains sur les plans physiologique, émotionnel et cognitif. Les sons ont la faculté de modifier notre rythme cardiaque, notre rythme respiratoire et de moduler les flux de certaines zones cérébrales.

1.3.1 L'instinct de la musique

La musique a le pouvoir de créer une communion culturelle sans équivalent, elle permet d'exprimer et de communiquer certaines émotions avec une intensité dont le langage n'est pas capable[11]. Le contenu émotionnel de la musique est inhérent à la musique et ne se développe pas par notre empreinte culturelle.

11. Sacks, Olivier, neurologue. « Oliver Sacks : ce que la musique fait à notre cerveau » Article du 31 aout 2015. Le Nouvel Observateur.

Le documentaire « L'instinct de la musique » de Elena Mannes, débute sur un dialogue entre Bobby Mc Ferrin, chanteur de Jazz et Daniel Levitin, chercheur. Bobby Mc Ferrin se rappelle qu'à l'âge de 5 ans, il entend une « musique magnifique » et se met à pleurer « sans savoir pourquoi ». Daniel Levitin s'interroge, « pourquoi une telle suite de son nous émeut elle à ce point ? », le chanteur répond : « la musique fait du bien. C'est le rythme de notre cœur et de notre respiration. » Le chercheur parlera « d'un feu d'artifice d'impulsions, certaines coordonnées, d'autres non. »

Dans le même documentaire, Brian Mc Greene, physicien, ajoute que le son est une onde, un déplacement de l'air en vibration et *l'expérience de la musique est ancrée dans notre physiologie.*[12] Nous avons tous la faculté de choisir quel morceau de musique nous devons écouter pour changer d'état d'âme.

12. Larrochelle Jean Jacques, « L'instinct de la musique ». Article, Le Monde du 03/10/2009

Sur un plan physiologique, le circuit de récompense du cerveau est réactif à la musique. Avec de la musique agréable, il y a une activation de noyau accumbens de l'hypothalamus, et l'ère tégumentaire ventrale. Ces zones modulent le flux de dopamine, qui est un neurorégulateur responsable de la modulation de l'humeur, aussi associé à la prise de drogue et au sexe.

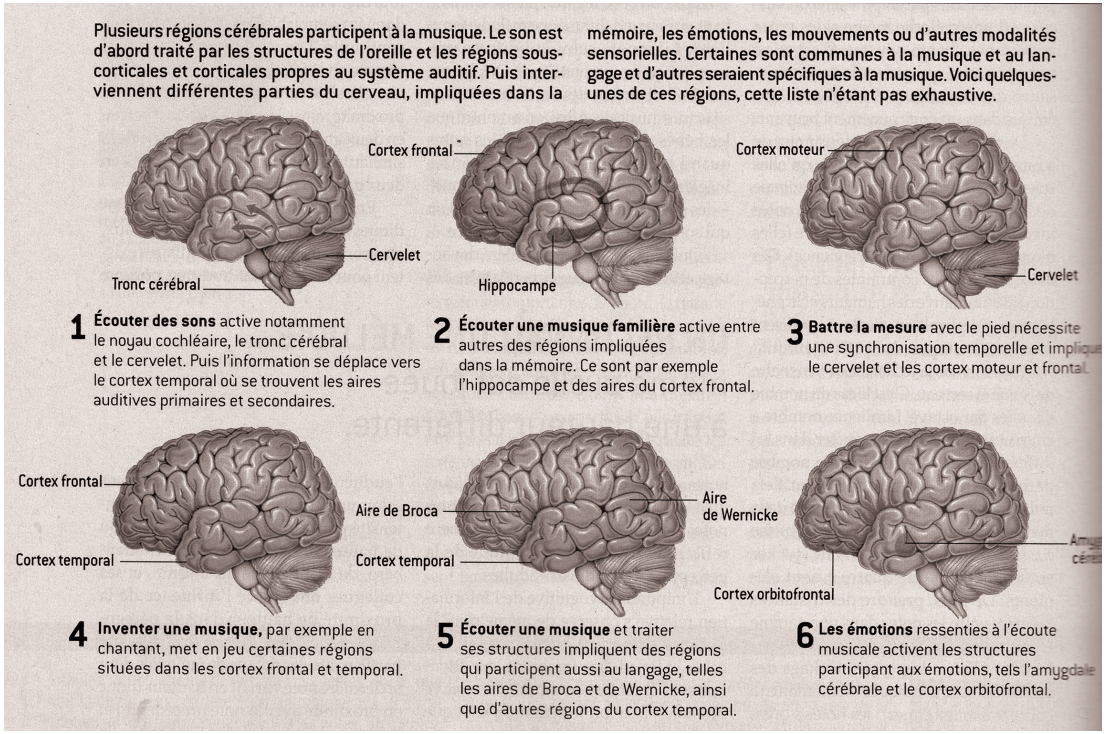
Des études se sont aussi intéressées au cortisol, hormone qui est fondamentale à la gestion du stress. Les conclusions se rejoignent sur le fait que l'écoute d'une musique plaisante, contribue à une réduction de la concentration du cortisol. En d'autres mots, elle aide à apaiser une sensation de stress. Inversement, un son strident contribue à l'augmentation de cette hormone, donc augmente le stress.[13]

13. Goudey, Alain ; « les sons qui font vendre ». Article, Cerveau et Psycho n°65 octobre 2014.

En psychologie cognitive, il a été mise en évidence une capacité du cerveau à acquérir des connaissances sur des informations sonores complexes par simple exposition, sans intention d'apprentissage. On parle d'éducation implicite. Un sujet étant exposé, extrait des régularités et devient sensible aux structures sonores complexes sans connaissances explicites.[14] Ceci expliquerait un conditionnement aux musiques appartenant à notre culture.

14. Tillmann, Barbara, chercheur en neurosciences au laboratoire de Lyon. « La musique universelle, un langage. » Pour la science (magazine 2008) Sons et musique, de l'art à la science. P126

La musique synchronise notre cerveau. Il est possible d'observer qu'il existe des circuits neuronaux spécifiquement impliqués dans la musique.



Le traitement de la musique par le cerveau

« Les émotions musicales » Pour la science (magazine 2008) Sons et musique, de l'art à la science.

Il suffirait au cerveau de 30 millisecondes pour avoir une intuition juste quant au caractère émotionnel d'une musique. Cette observation est intéressante car elle indique que nous répondons aussi vite à la musique qu'à un stimulus biologique comme un son d'alerte ou une menace imminente.[15]

15. Bigand Emmanuel, professeur en psychologie cognitive. « Les émotions musicales » Pour la science (magazine 2008) Sons et musique, de l'art à la science. P135

La musique peut changer la neuro plasticité du cerveau. D'après Oliver Sacks, les IRM permettraient de reconnaître à coup sûr le cerveau d'un musicien de toutes autres professions. Et sans avoir de prédispositions à la naissance, car c'est la pratique de la musique qui la développe.[16] La pratique musicale développerait de façon visible certaines zones du cerveau, comme le corps calleux qui relie les deux parties de l'encéphale et qui correspond aux mouvements.

16. Sacks, Oliver ; « Musicophilia : La musique, le cerveau et nous ». Editions Point. 2014.

Oliver Sacks va plus loin quand à l'origine du pouvoir de la musique. Notre aptitude à détecter les sons et à en traduire des signaux indiquant un danger qui aurait permis la survie de nos ancêtres, s'est « réorientée » de fil en aiguille, le danger s'amenuisant, vers une activité moins liée à la peur, mais restant très intense émotionnellement. « On est donc parfaitement en droit de penser que la magie du son, et peut-être l'émotion délici*euse de la musique, est l'héritage de cette émotion-peur de nos lointains ancêtres entendant un bruit signalant peut-être un prédateur à l'affût !* » [17]

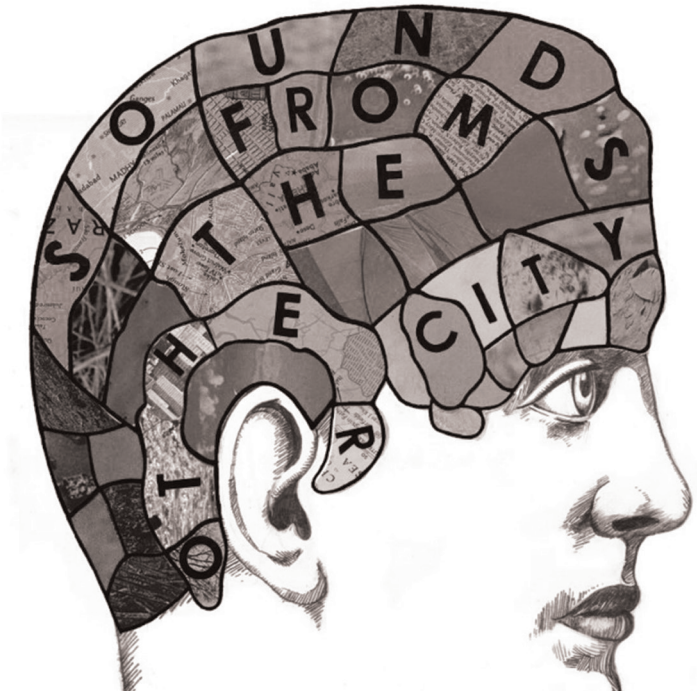
17. Brunschwig, Martin; Notes de lecture, SPS n° 286, juillet 2009 : http://www.pseudo-sciences.org/spip.php?article1190

1.3.2 Organisation des sons par notre cerveau

Dans l'organisation de scènes auditives, le cerveau sait analyser à l'écoute d'un son, si il s'agit du vent dans les arbres ou si il dissimule un danger imminent, tel les pas d'un prédateur. Ceci lui confère un avantage essentiel en terme de survie.
L'analyse de la multiplicité des sons qui viennent à nous est pourtant un problème complexe à résoudre. Le cerveau est pourtant capable de regrouper des évènements dans une même catégorie, selon leurs propriétés communes. Dans la salle de concert, il y a une perspective physique, émanant d'actions mécaniques des musiciens sur leurs instruments de musique, qui se propagent dans l'air et se superposent les uns aux autres.
Cette superposition, particulière à l'information auditive, est examinée au delà de l'aspect visuel, tel un objet physique étalé dans le temps. L'onde acoustique invisible se propage et se superpose dans un milieu, parvient à nos deux tympans, qui transmettent au cerveau deux informations presque similaires, car décalées dans le temps. Avec ces seules informations, le cerveau peut distinguer les types de sonorités et suivre leurs évolutions dans le temps pour reconnaître une mélodie.

Nous avons décrit le système auditif et expliqué le cheminement de l'onde sonore en influx nerveux. Nous nous étions arrêtés au cœur de ce système de transmission ; la cochlée.
La cochlée code les différentes bandes de fréquences perçues vers le cerveau, telle une analyse spectrotemporelle (temps + hauteur du son) de l'information sonore. Elle décompose toutes les fréquences en fonction du temps et permet une première analyse de la scène auditive. Les composantes sonores et musicales sont souvent concentrées sur une même gamme de bande de fréquence par rapport à des bruits aléatoires qui recouvreront une gamme plus large.

Le système auditif à aussi la particularité d'avoir plus de modes de traitements vers le cortex cérébral que les autres sens. Le nerf auditif est connecté à une structure du tronc cérébrale (le noyau cochléaire) qui est divisé en partie dorsale et ventrale. Cette division permet un traitement en parallèle de l'onde sonore, la première pour comparer les informations parvenant aux deux oreilles, l'autre à un traitement plus spécifique des caractéristiques spectrotemporelles grâce à des neurones plus ou moins sélectifs sur les largeurs de bandes de fréquences.
En reste un raisonnement inconscient qui confronte les informations reçues à d'autres indices auditifs que nous sommes capables de percevoir.
Pour localiser les sources, les composantes perçues à un même endroit sont assimilées à une même source. (C'est bien sur ici sans prendre en compte les multiples réverbérations d'un lieu.)
Deux autres indices sont pris en compte pour une meilleure déduction des éléments d'une scène auditive : la synchronie et l'harmonicité. Deux instruments qui commencent en même temps et qui sont assimilés comme provenant de la même source ; la synchronie. L'harmonicité est quant à elle, la relation entre les composantes de découpage des fréquences harmoniques. Les fréquences harmoniques étant des multiples d'une fréquence fondamentale.



Sounds from the Other City

Pictures courtesy and copyright of: Fraser Chapman & Alexandra Wolkowicz

1.4 L'écoute : La perception sonore

PERCEPTION, subst. fém.

I. Acte de percevoir, son résultat.

A. [En tant qu'acte]

1. a) PHILOS., PSYCHOL. Opération psychologique complexe par laquelle l'esprit, en organisant les données sensorielles, se forme une représentation des objets extérieurs et prend connaissance du réel. Perception tactile, visuelle; perception spatiale; théorie de la perception. Un des effets du vêtement est de rendre le corps plus présent et plus sensible à lui-même par des perceptions de la peau (ALAIN, Beaux-arts, 1920, p. 68) La perception est plus que la simple sensation : c'est la sensation suivie de l'acte intellectuel qu'elle suscite immédiatement et par lequel elle est interprétée (Méd. Biol. t. 3 1972) :

1. Nos perceptions du monde physique s'organisent en nous (...) sous forme d'images qui représentent avec le plus de fidélité possible ce qui se passe autour de nous. Mais perceptions, sensations, ne tombent jamais dans un terrain neutre; elles engendrent immédiatement une réaction affective, une émotion, qui varient selon la nature de ce qui les provoque, mais aussi selon la nature de celui qui les reçoit.

HUYGHE, Dialog. avec visible, 1955, p. 313.

Troubles de la perception. Les troubles de la perception peuvent (...) être dus à des altérations des organes sensoriels, des voies nerveuses et des centres correspondants à des perturbations des centres d'intégration gnosique (...) à une atteinte de la personnalité ou à une modification de la conscience ou de la relation au monde (LAFON 1969).

PSYCHANAL. Perception externe. La psychanalyse fait la distinction entre la perception externe et la perception interne, la première étant fondée sur des sensations dérivées des organes des sens, la seconde étant fondée sur la conscience que l'on prend des processus mentaux « internes » (RYCR. 1972).

b) GRAMM. Verbe de perception. Verbe qui désigne une opération des sens :

2. La proposition infinitive, sans être absolument de règle après les verbes de perception (regarder, voir, écouter, entendre, sentir, etc.), y est du moins très habituelle; sans doute parce que ces verbes forment avec l'infinitif complément une unité sémantique si étroite que la langue en fait un bloc.

LE BIDOIS 1967, p. 308.

2. Acte de prendre connaissance par l'intuition, par l'intelligence ou l'entendement. La perception du bien et du mal s'obscurcit à mesure que l'intelligence s'éclaire; la conscience se rétrécit à mesure que les idées s'élargissent (CHATEAUBR., Mém., t. 4, 1848, p. 584). L'acte le plus simple de l'intelligence renferme la perception de Dieu; car il renferme la perception de l'être et la perception de l'infini (RENAN, Avenir sc., 1890, p. 478).

PSYCHOL. Perception interne. ,,Connaissance que le moi possède de ses états et de ses actes par la conscience`` (LAL. 1968). Notre perception interne paraît bien ne porter que sur des états de notre corps (G. MARCEL, Journal, 1914, p. 22). V. supra ex. de RYCR. 1972.

B. [En tant que résultat]

1. PSYCHOL. Ce qui est perçu par l'intermédiaire des sens. Synon. percept. L'intelligence se règle (...) sur des perceptions présentes ou sur ces résidus plus ou moins imagés de perceptions qu'on appelle les souvenirs (BERGSON, Deux sources, 1932, p. 126). Les perceptions de la vue sont plus riches que celles des autres sens (FOULQ.-ST-JEAN 1962) :

3. Si maintenant nous remplaçons la trace physiologique par une « trace psychique », si nos perceptions demeurent dans un inconscient, la difficulté sera la même : une perception conservée est une perception, elle continue d'exister, elle est toujours au présent...

MERLEAU-PONTY, Phénoménol. perception, 1945, p. 473.

2. Prise de conscience, sentiment plus ou moins précis de quelque chose. Synon. aperception. Pour le psychologue, c'est le fond qui est significatif, et le fond commun est, ici comme là, dans l'À rebours, de M. Huysmans comme dans l'Adolphe de Benjamin Constant, une mortelle fatigue de vivre, une morne perception de la vanité de tout effort (BOURGET, Nouv. Essais psychol., 1885, p. 112). Il avait ressenti la perte de ses amis, jusqu'à la perception de l'angoisse essentielle (BÉGUIN, Âme romant., 1939, p. 181).

Avoir la perception de. Quel épicier il y a dans cet homme de talent et cet artiste qui s'appelle Loti! J'ai la perception de son goût odieusement bourgeois (GONCOURT, Journal, 1889, p. 961). Aristide eut la perception de l'impair qu'il venait de commettre et s'en étonna lui-même (VOGÜÉ, Morts, 1899, p. 315).

Définition : « Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales » CNRTL.fr.

1.4.1 L'approche de Pierre Schaeffer.

“

La musique [...] m'a conduit peu à peu du formalisme d'un système traditionnel à l'empirisme d'une approche universelle.”

Pierre Schaeffer

De l'expérience musicale à l'expérience Humaine, La revue musicale, n° 274-275, Paris, Richard Masse,1971, p. 8

D'après le « Traité des Objets Musicaux », Essai interdisciplinaire de recherche pour une musique généralisée, ouvrage phénoménologique de 1977.

Pierre Schaeffer est le père de la musique concrète. Polytechnicien, ingénieur détaché des PPT, il travailla à l'amélioration technique de la radio, tout en comprenant son importance politique. Dés 1948, il invente une musique composée de matériaux sonores bruts, déformés et déplacés dans l'espace et dans le temps; la musique acousmatique. Son « traité des objets musicaux » est une tentative à généraliser la musique à tous les sons. Ainsi aller plus loin dans ce qu'implique une telle idée dans l'écoute et les différentes perceptions que l'être humain a du son. Il a désiré mettre en place, une nouvelle manière d' - *écouter* -.

L'enregistrement a été, dès qu'il permit le montage, le premier moyen de traiter les sons fixés comme des objets d'études et d'observations. Pierre Schaeffer fut le pionnier de l'expérimentation et de la théorisation de ce nouveau statut du son.
Son travail de description dans le « Traité des Objets Musicaux », se présente sous un angle complexe et singulier, surtout nécessaire à la connaissance de la perception des sons dans une écoute quotidienne, utilitaire et spontanée. Dans sa démarche de théorisation du son, il y a une recherche du sens.

Pierre Schaeffer, introduit sur un travail de description des quatre activités de perception qu'il décrit comme « fonctions », « attitudes typiques », « comportements caractéristiques » ou « formes d'activités de l'oreille ». Ces fonctions sont classées par l'auteur par ordre phénoménologique ; écouter, ouïr, entendre et comprendre.

1-*Ecouter* correspond à notre attitude la plus spontanée et plus instinctive de la perception des sons. L'écoute se sert du son comme intermédiaire pour signaler quelque chose; avertir d'un danger, guider une action. L'écoute est une intention. Cette action est qualifiée d'écoute naturelle, car elle est commune à tous les êtres humains et les animaux.

2-*Ouïr* échappe à la conscience et est déterminé par la nature physique du son, le temps et les lois générales de la perception. On reçoit sans rien en attendre, sans visée intentionnelle. L'oreille perçoit le monde comme un fond sonore, une source jamais épuisée de potentionnalités. Il est toujours présent sans en avoir conscience.

3-*Entendre* est avoir une intention en explorant l'objet sonore. Elle donne lieu à une qualification de l'objet à travers une perception qualifié de ce qui a été ouï. Entendre permet de situer les sons en les analysant et en les classifiant. En réécoutant le même objet, nous n'entendons jamais la même chose, car nous en percevons à chaque fois de nouvelles caractéristiques.

4-*Comprendre* est une intention culturelle et spécialisée qui traverse toutes les attitudes d'écoute. Comprendre favorise la précision et la clarification de l'expérience dans une volonté d'en saisir le sens.

4. Comprendre – pour moi : signes ; – devant moi : valeurs (sens langage). Émergence d'un contenu du son et référence, confrontation à des notions extra sonores	**1. Écouter** – pour moi : indices ; – devant moi : événements extérieurs ; – (agent-instrument). *Émission* du son	1 et 4 : objectif
3. Entendre – pour moi : perceptions qualifiées ; – devant moi : objet sonore qualifié. *Sélection* de certains aspects particuliers du son	**2. Ouïr** – pour moi : perceptions brutes, esquisses de l'objet ; – devant moi : objet sonore brut. *Réception* du son	1 et 3 : subjectif
3 et 4 : abstrait	1 et 2 : concret	

« Traité des objets musicaux : Essai interdisciplinaire »
Pierre Schaeffer, Paris, Seuil, 1977 p116

A la suite de la description de ces quatre attitudes d'écoutes propre à la perception, Schaeffer continuera à les confronter, les sous analyser et surtout à essayer de leur donner un sens.

Schaeffer, introduit alors deux types d'écoutes qui traversent le son, l'écoute causale et l'écoute sémantique. L'*écoute causale* est basée sur l'identification d'indices et renseigne sur la cause et son comportement. Tandis que l'*écoute sémantique* est porteuse d'un message sous forme de code ou de langage.

Ces deux écoutes se complètent et peuvent se pratiquer en même temps. Pour identifier une voix à la radio par exemple ; nous entendons une voix qui s'exprime dans un langage : l'écoute sémantique. Puis nous cherchons à savoir comment peut être cette personne. Si c'est une femme, un homme, quel est son âge et quelle peut être sa corpulence. Ici, l'écoute causale.
En approfondissant notre questionnement sur cette voix radiophonique, nous arrivons à une autre description qui est l'écoute réduite. Car nous en recherchons de plus amples indices et une description plus précise ; cette voix est elle aigue ou grave ? Lisse ou rocailleuse ?

L'écoute réduite est un retour à l'expérience originaire et fait abstraction de la cause et du message pour en extraire le son lui même. Dans sa hauteur, son rythme, son grain, sa matière, sa forme, sa masse et son volume, le son devient exclusivement un objet d'observation. Inconsciemment, cette écoute guide et renseigne l'écoute causale et l'écoute sémantique.
Pour Pierre Schaeffer, l'écoute réduite est délibérée, collective et se base sur une nomination des « formes sonores élémentaires »[21] que chacun pourra décrire avec son propre vocabulaire. L'écoute réduite permet, en sortant le son de son contexte, d'en extraire nos associations affectives et figuratives. [22]

21. « Traité des objets musicaux : Essai interdisciplinaire », Pierre Schaeffer, Paris, Seuil, 1977 p 261 à 384

22. Michel Chion, Le Son. Traité d'acoulogie. 2ème Edition. Armand Colin p180

Dans la même démarche que pour l'écoute réduite, *l'objet sonore* se définit indépendamment de sa cause matérielle et physique. Il est pour Schaeffer, une démarche de déconditionnement de l'écoute. Au delà de sa provenance, sa signification, son contenu sémantique et affectif, l'auteur propose une analyse d'un objet sonore spécifique et perceptif en dehors de tout contexte environnemental et considère le son dans une forme temporelle fermée.

Le travail de Pierre Schaeffer et la teneur de ses pensées provoquent le débat :
« Pas tellement pour l'ouverture qu'elles laissent, mais par l'effet de ce couperet péremptoire qu'elles assènent, fait de grosses évidences, d'une certaine habileté littéraire, et, il faut bien le dire, d'une précision scientifique parfaitement sûre d'elle, comme les grandes écoles du système français d'éducation savent si bien l'inculquer. On n'est pas polytechnicien pour rien. »[23]

23. Chouvel, Jean Marc; « Pierre Schaeffer: théorie du son et recherché du sens ». Octobre 2009

1.4.2 L'écoute : un travail de description

Pierre Schaeffer approfondit ses critères de description du son pour aller plus loin que celles « partielles et inaccessibles » du solfège traditionnel et de la physique du son; la hauteur, la durée, l'intensité et le timbre. Pour lui, ces paramètres sont impuissants à rendre compte des sons non musicaux, donc insuffisants à une description globale des sons.
Schaeffer propose sept critères morphologiques qui en font « les propriétés des objets sonores perçus ». [24] Soit la masse, le timbre harmonique, le grain, l'allure, le critère dynamique, le pro-

24. Michel Chion, Le Son. Traité d'acoulogie. 2ème Edition. Armand Colin p 188

fil mélodique et le profil de masse. Ces critères permettent une description approfondie des sons complexes (le bruit). Les sons toniques (sons musicaux) ayant fait l'objet avant Schaeffer d'une description *« quasi maniaque »*, dans laquelle les sons complexes étaient ignorés

En étudiant la masse des bruits sur leurs registres et leur épaisseur comme le ferait le solfège traditionnel avec les sons musicaux, Schaeffer supprime la frontière entre ces deux extrêmes. L'univers sonore prend alors forme d'un continuum et ouvre la perception du son à un terrain ouvert de possibilités et de matières.
A travers cette méthode de description, en opposition à un système de notation figé, Pierre Schaeffer nous invite par la description à redéfinir sans fin le son.
Michel Chion qualifiera son travail de *« travail d'humanisation et de désextrêmisation du son »*. Ce travail de recherche de désextrêmisation du son abattu par Pierre Schaeffer serait essentiel dans les réalisations du travailleur sonore. Qu'il soit musicien, artiste, designer sonore, ingénieur du son, chercheur, scientifique ou sociologue.

Considérer la perception du son sur les seules caractéristiques acoustiques d'un objet ne suffit pas. Pierre Schaeffer mettait en valeur avec *l'objet sonore,* une écoute non causale et non signifiante. L'auditeur doit pouvoir percevoir un son, sans le renvoyer à un sens ou à l'objet même, mais en dégageant des caractéristiques de l'objet sonore sur des critères de description du son. La masse, le timbre harmonique, le grain, la dynamique ... Faire l'abstraction de l'objet demande de toute évidence un effort de la part de l'auditeur pour le sortir de son contexte et en écouter que les qualités du son.

C'est en restaurant les droits de l'auditeur, qui « a déjà » en lui un schéma d'écoute, qu'il y a une ouverture au monde. En découle le besoin d'un long travail de description afin de comprendre comment chaque être humain perçoit le son dans ses habitudes d'écoutes et comment savoir lui en proposer.

1.4.2 L'écoute, vers un enjeu contemporain

Le 20e siècle fut un long questionnement sur la question du sonore dans les disciplines expérimentales de l'art, la musique et du cinéma. La sensibilisation d'une dimension sonore à une échelle politique et industrielle n'a été prise en compte qu'à la fin du 20e siècle.
Des efforts ont été donnés par exemple pour la réduction du bruit des voitures. Raymond M. Schafer (Dont nous parlerons plus longuement un peu plus tard) décrit le bruit des véhicules à moteur comme *un son sacré contemporain, car ils sont au dessus de la loi. Aujourd'hui, le bruit des véhicules est un obstacle majeur à une audition claire des sons de la ville.* [25]

25. Rodiguez,William « Design sonore et émotion : impact « psycho-somatique » du son quotidien »

Des efforts importants ont été menés afin de repenser les sons, allant de l'anti bruit actif à une évolution, dans les années 90, vers une réflexion en terme de qualité sonore. L'intérêt émane des pouvoirs publics et des industriels vers deux axes de nécessités. L'une dans l'optique de création et de contrôle pour des produits de qualité et l'autre pour mieux gérer les environnements urbains afin de les améliorer. Le son devient alors un atout et le silence une nuisance, autant que le bruit.[26]

26. Susini, Patrick « Le design sonore : un cadre expérimental et applicatif pour explorer la perception sonore » Habilitation, Université de la Méditerranée – Aix-Marseille II. 2011

Notre écoute habituelle est bien loin de l'écoute réduite de Pierre Schaeffer, sauf si nous sommes amenés à porter un jugement sur la valeur acoustique ou sonore du son. Schaeffer parlera alors d'*une écoute naturelle*, de nature primitive, elle se sert du son pour se renseigner sur une situation ou une action immédiate.
C'est ainsi que William Gaver[27] (1993), redéfinit deux profils d'écoute qui sont basés sur l'expérience du sujet :
L'écoute musicale, focalisée sur les propriétés du son ; La source et ses composantes temporelles et fréquentielles, assimilées à une écoute experte. L'« écoute praticienne » et « non naturelle » pour Schaeffer.
Et *l'écoute quotidienne,* qui se concentre sur les propriétés et le mouvement de la source. Schaeffer la qualifiera donc d'écoute naturelle.
L'écoute praticienne et non naturelle apporte une expertise sur le travail et le questionnement de notre environnement sonore actuel.

27. William Gaver est professeur en design et co-directeur du studio de recherche en interaction à l'université de Goldsmith de Londres

Notre écoute quotidienne, naturelle et primitive, est porteuse d'informations sur les sources et les évènements sonores qui nous parviennent. Le son nous informe de l'existence de la source ; le prédateur, la voiture, l'alarme, l'eau qui bout… Ceci est vital dans notre vie de tous les jours. Nous sommes dans un cadre d'écoute et nous interprétons les sons pour en tirer des informations. Murray Schafer en dégage la notion de fait sonore.

Le fait sonore n'existe pas sans son environnement, il est ouvert à un environnement sonore. Pour Murray Schafer, un son choisi en premier plan n'existe pas sans son fond sonore qui le complète comme un décors.

“

Comme l'objet sonore, il est saisi par l'oreille humaine comme la plus petite particule autonome du paysage sonore. Mais si l'objet sonore s'analyse comme objet acoustique abstrait, le fait sonore se définit, lui, dans sa dimension symbolique, sémantique et structurelle. Il constitue donc un point de référence dans le concret, lié à un ensemble qui le dépasse.”

Raymond Murray Schafer

Par « L'ensemble qui le dépasse » entendons notre environnement sonore ainsi que les espaces qui le compose et que nous occupons tous les jours. Dans une volonté d'ouvrir un discours à une écoute ouverte au monde, il est alors nécessaire de prendre en compte l'espace dans lequel le son ne peut exister et signifier. L'objet sonore de Schaeffer serait-il relayé à des oreilles averties, créatrices et praticiennes, non à des oreilles ordinaires qui cohabitent, évoluent et communiquent dans des sphères composées de sons ? Il serait plutôt une voie qui contribuerait à une amélioration et une réflexion sur la perception et le jugement tout en encourageant la création.

De la science à Pierre Schaeffer en passant par John Cage, les écoutes divergent mais se rejoignent. A travers cette partie, nous avons étudié l'objet : le son et le rapport avec son sujet : l'être humain. Le son, phénomène totalement invisible, repose sur un stimulus qui engendre une sensation auditive. L'homme semble avoir évolué en forgeant le son de sa voix sur sa capacité à la percevoir quand on observe les particularités de l'oreille. Celle ci est particulièrement sensible à la voix, autant qu'à un éventuel danger imminent. Cette aptitude à détecter les sons et à en traduire des signaux se serait « réorientée » le danger s'amenuisant, vers une activité moins liée à la peur, mais restant très intense émotionnellement. Ce qui expliquerait la place particulière que tient la musique dans notre faculté à percevoir. Elle met en émoi agit directement sur notre cerveau.
Pierre Schaeffer supprime les frontières de l'écoute en la replaçant dans un univers sonore qui prend la forme d'un continuum et ouvre la perception du son à un terrain ouvert de possibilités et de matières. Pierre Schaeffer nous invite à un travail de description du son et nous pousse à le redéfinir sans fin. Car, c'est en restaurant les droits de l'auditeur, qui « a déjà » en lui un schéma d'écoute, qu'il y a une ouverture au monde.
Des efforts importants ont été menés afin de repenser les sons, allant de l'anti bruit actif à une évolution, dans les années 90, vers une réflexion en terme de qualité sonore. L'écoute s'impose bel et bien comme un enjeu contemporain. Car elle symbolise une voie qui contribuerait à une amélioration et un raisonnement plus global sur la perception de notre environnement, tout en encourageant la création.

“Venez avec moi et prenez place sur la grande tribune de la vie. Les places sont gratuites et le spectacle ne s’arrête jamais. L’orchestre du monde joue sans interruption. Nous l’entendons à l’intérieur et à l’extérieur, de près et de loin, car le vivant ne connait pas le silence et que nos oreilles n’ont pas de paupières. Nous sommes condamnés à entendre.”

Raymond Murray Schafer

II. Environnements sonore
Perception et représentation sonore dans l'espace

Aborder l'espace avec le son, c'est étudier la partition de son environnement autant que son écologie. Nous étudierons quelques considérations perceptives et acoustiques propres à l'espace sonore. Pour mieux comprendre comment réagissent et interagissent les ondes acoustiques parallèlement à nos sens dans un milieu, ainsi que leurs significations en terme d'architecture et d'expérience. J'aborderai la technologie en matière de reproduction sonore, de son évolution au cours du 20e siècle, aux nouvelles avancées dans la diffusion sonore qui sculptent le son jusqu'à en recréer un espace virtuel immersif. Enfin je propose une réflexion sur les nouvelles notions de l'auditorium, induites par les nouvelles technologies, de la place qu'y tiennent l'auditeur, la création et l'environnement sonore.

2.1 Le paysage sonore : une prise de conscience du monde

2.1.1 La partition de Raymond Murray Schafer

Raymond Murray Schafer, compositeur, écologiste et théoricien, nous propose d'écouter le monde comme une partition musicale, une composition dont nous sommes en partie les auteurs. Ainsi Schafer apporte dans les années 70, la notion de paysage sonore pour désigner notre milieu acoustique, cet espace éternellement sonore dans lequel nous somme condamnés à exister. Dans son célèbre ouvrage « *Le Paysage sonore, le Monde comme Musique* » paru initialement en Anglais sous le nom « *The Soundscape, Our Sonic Environnement and the Tuning of the World* », l'auteur parle en musicien et décrit la manière dont les sons peuvent construire et déconstruire l'espace.

Lien n°5
Une rue à l'oreille de Murray Schafer. Paysage sonore d'une rue Parisienne. Arte Radio.

Il y distingue deux types de paysages sonores ; le paysage à haute définition, *hi-fi*, dont le rapport signal sur bruit est raisonnable, car les sons peuvent être entendus clairement sur un rapport de bruit de fond de faible niveau. Un paysage sonore rural.
Le paysage à basse définition, le *lo-fi*, a, inversement un rapport au bruit à un point tel où les sons perçus sont difficilement perceptibles. Le bruit ambiant prend le dessus sur l'écoute et fausse notre visibilité du monde. Schafer parle d'un paysage sonore urbain, le paysage lo-fi s'étant développé à l'ère postindustrielle, de la révolution électrique et des nouveaux moyens de communication et de transport.

Murray Schafer prend position sur le problème contemporain de la pollution sonore et craint un phénomène de surdité universelle. Dans le paysage lo-fi, les sons se superposent et les informations sonores deviennent excessives à un point qu'elles deviennent agressives et invasives. Les messages sonores deviennent difficiles à intercepter et à comprendre car ils sont absorbés par un bruit de fond qui recouvre un large spectre de notre bande de fréquences audibles.

« *L'homme n'écoute plus car il a appris à ignorer le bruit* »[28]. Chercher à en diminuer l'intensité c'est réfléchir à ce que nous devons conserver et encourager. Ainsi, en étudiant le paysage sonore sous plusieurs points de vue, acoustique, psycho acoustique, sociologique, scientifique et artistique, permettent d'établir les bases du design sonore.

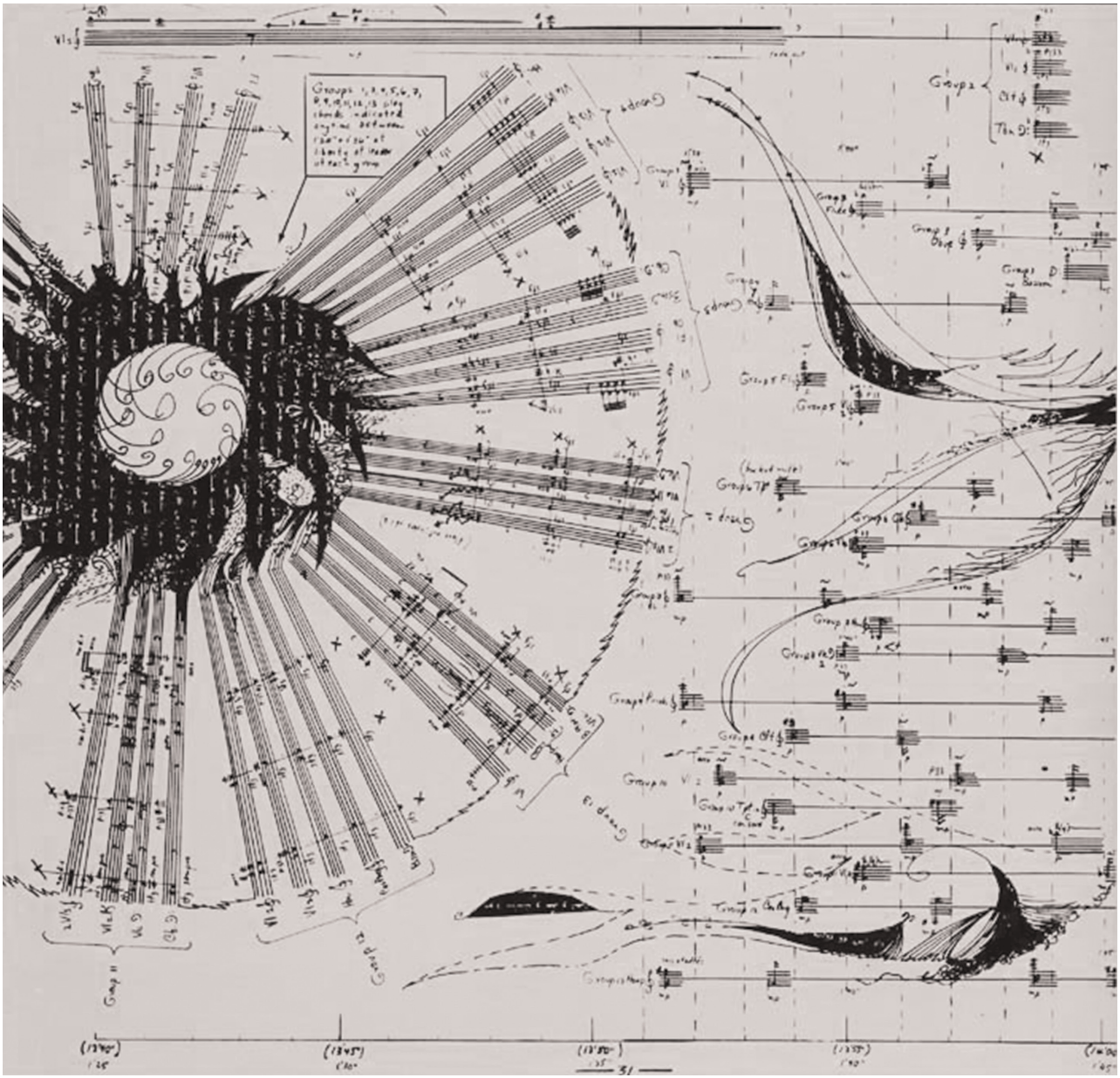
28. SCHAFER, R. Murray, Le paysage sonore, Le monde comme musique (1977), 2010, p. 24.

Le *design sonore* est un processus global, un art de l'*orchestration*, qui donne lieu à une cartographie perceptive de l'ensemble des sons liés à un sujet et son environnement. Ainsi le designer se doit de garder l'intensité d'un message en lui apportant une harmonie ainsi qu'une intention de forme et de fonction.
Schafer aimerait considérer un paysage sonore à travers une création délibérée, telle une composition musicale remarquable par sa beauté autant que par sa laideur. [29]
Pour lutter contre cette pollution sonore décrite par Schafer, le design sonore agit pour l'élimination ou la restriction de certains sons éventuellement néfastes ou gênants, tout en introduisant de nouveaux sons ou en préservant d'autres qui sont menacés de disparition.
Ainsi encourager la société à un équilibre de sonorités modulées, pour en déterminer ce qu'il faut encourager et ce qu'il faut modifier. Le paysage lo-fi ne serait plus une fatalité, car les sons produits par l'architecture et l'industrie se composerait avec Art.

29. Ibid., p. 339.

Le designer sonore prend le contrepied d'un épuisement visuel contemporain et redonne une autre vie au sens de l'ouïe. Ainsi, il réintègre tous les sens dans l'évolution de la perception de notre société dans son environnement.

Le design sonore s'enrichit donc de la perception dans un sens rigoureux en se forgeant une pensée critique. Au delà de l'objet sonore de Pierre Schaeffer, il y a un intérêt à contextualiser les sons dans un environnement peuplé d'ondes sonores ; dans l'optique d'une écoute du monde.



Raymond Murray Schafer. Musical Manuscripts and sound sculpture.

2.1.2 Pour une écoute du monde

L'étude du paysage sonore amène à une appréciation de la *phonosphère* qui permet d'identifier les phénomènes sonores gênants et nocifs afin de savoir pourquoi il faut les éliminer. Une appréciation d'ensemble de l'espace auditif donne des pistes de réflexion globale sur un environnement sonore contemporain et comment nous pouvons le faire évoluer. Il s'agirait en premier lieu d'éduquer les oreilles, vers une *clairaudience* pour rendre les sons discernables et mettre fin aux oreilles brumeuses. [30]

30. SCHAFER, R. Murray, Le paysage sonore, Le monde comme musique (1977), 2010, p. 24.

Ainsi Murray Schafer nomme le *fait sonore*, par des critères physiques, dont certains sont tirés de Pierre Schaeffer et d'autres de la tradition musicale. Egalement, par des critères de références propres à leurs origines et par des critères esthétiques.
L'objet sonore est ouvert sur l'environnement, reprend le concept du couple perceptif figure/fond et se décline en trois types de phénomènes sonores:
La tonique (keynotes) est un fond sonore perçu de façon consciente et à partir duquel nous en mesurons toutes les modulations et tous les changements. La tonalité indique une tonalité fondamentale et une réalité physique telle la circulation routière (tonalité contemporaine) ou le chant des oiseaux (tonalité du passé).
Le signal (signal sounds), tient un rôle de figure sonore à laquelle nous prêtons une attention et qui est chargé d'une signification particulière comme une sirène d'ambulance et le son des cloches. Le signal renvoie à une cause ou un contexte.
Le symbole (soundmarks), est une empreinte sonore particulière qui renvoie à une communauté et tient un statut intermédiaire. Il s'apparente à un son familier et provoque en nous des émotions ou des pensées autres que celles créées par sa fonction ou son action mécanique. Le symbole de Murray Schafer étant la corne de brume du Port de Saint Louis.

Le fait sonore est apparu du grand mouvement écologique « *world soundscape project* », qui eut lieu au Canada dans les années 60. Murray Schafer s'est alors entouré d'autres chercheurs comme Peter Huse, Barry Truax, Howard Broomfield et Bruce Davis, mais aussi d'artistes tels que Hildegard Westerkamp, Davis Dunn, Douglas Quinn, et Chris Watson. Ce mouvement « d'*écologie acoustique* » est né d'une prise de conscience de l'importance à prendre en compte les sons qui composent le paysage sonore naturel ou qui ont été forgés par l'homme.
Barry Truax, compositeur, théoricien et collaborateur de Murray Schafer, définit à son tour, trois modèles pour l'analyse et l'évaluation des sons environnementaux [31] :
Le modèle de l'environnement acoustique, qui relève les caractéristiques sono logiques des sons présents dans un milieu donné et qui permet d'en donner une appréciation sur la qualité acoustique.
Le modèle du paysage sonore, soit l'auditeur et sa façon de s'orienter physiquement et psychologiquement dans le paysage qu'il se crée selon ses stimuli avec les sons environnants.

31. Barry Truax, « Models and strategies for acoustic design », papier présenté à la conférence de Stockholm, Royal Academy of Music, en Juin 1998

Le modèle de la communication acoustique, basé sur la fonction communicative des sons dans leurs contextes sociaux.
Barry Truax souligne dans ces deux derniers modèles, une perception propre aux symboles personnels et aux stimuli des sujets qui perçoivent le son, et qui l'émettent pour composer l'environnement sonore. Les sons seront perçus et émis d'autant de manière qu'il y aura d'individus. C'est cette diversité de signaux qui constitue notre espace sonore.

2.1.3 Ecologie sonore

Les écosystèmes encore préservés semblent menacés d'extinction face aux sonorités de la société post industrielle. L'urbanisation et l'industrie tendent à dominer l'environnement sonore naturel au risque qu'il ne soit plus jamais audible pour l'homme. Une préservation des ces sons naturels prennent une *vocation anthropologique,* car pour Schafer les sons de la Nature constituent un fond originaire et fondamental de la richesse de notre esprit par une interprétation symbolique que nous avons des sonorités naturelles.[32]
Cette idée de l'interprétation symbolique de l'homme à la nature amène à l'hypothèse que la musique est dépendante du paysage sonore dans laquelle elle se crée. La nature est considérée par Murray Schafer comme musicienne grâce au rapport harmonieux qu'elle sait entretenir avec ses sources. L'écologie sonore exprime une préservation de cette harmonie qui influe fatalement sur notre rapport symbolique et créateur au paysage sonore, bien avant les sons eux mêmes.

32. Nadrigny, Pauline ; « Paysage sonore et écologie acoustique » article de synthèse d'une communication donnée dans le cadre de la Journée d'étude « There is no such thing as nature! Redéfinition et devenir de l'idée de nature dans l'art contemporain », Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Centre de recherche HiCSA (31 Mai-1er Juin 2010)

Bernie Krause, musicien, preneur de son de paysage sonore et chercheur en bioacoustique, a, depuis prés de cinquante ans, voyagé à travers le globe pour enregistrer, archiver et révéler la voix du monde musical naturel. Les animaux s'expriment en un accord parfait car ils semblent avoir trouvé leur propres fréquences pour vocaliser en harmonie dans leur milieux naturel. C'est en analysant ses enregistrements avec un spectrogramme que Bernie Krause en est venu à cette affirmation. Le résultat ressemble par le rythme et les fréquences à une partition de musique. Il comprend alors qu'il y a une relation entre l'être humain et le monde animal dans le procédé de création des sons.

Lien n°6
Ecoute des enregistrements de Bernie Krauss.

Bernie Krause apporte sa contribution au long travail de description du paysage sonore avec le terme de « *biophonie* ». La biophonie rassemble les sons émis par les organismes vivants et permet d'être au fait de la santé de l'écosystème tout en n'en mesurant l'impact sur notre environnement.

“

Le son dit le monde qu’on ne voit pas”

Louis Dandrel

Sans le travail de recherche de Bernie Krause ou de théorisation de Murray Schafer et de ses pairs, ce que nous retiendrions de la nature serait surtout visuel. Ceci relève d’un paradoxe d’une société qui est plus concentrée sur l’image et ce qui lui saute aux yeux qu’une réelle réflexion sur l’écoute. Pourtant, l’influence des sons sur l’être humain, autant que sur le paysage sonore est souvent sous estimé consciemment, tout en étant perçu physiologiquement par le corps et dans l’environnement.
Des conséquences s’en font ressentir chez beaucoup d’individus qui souffrent d’effets extra-auditifs dus à leurs lieux de vie ou de travail. Ces effets sont sources de diverses pathologies sur le système neuro-végétatif, notamment cardiaque et respiratoire, sur la qualité et la durée du sommeil et des effets sur la santé mentale tel que le stress ou la dépression. Le sens de l’écoute est le sens le plus agressé, mais le moins exercé, donc le moins défendu. Michel Chion finira son ouvrage « le son traité d’acoulogie » sur cette pensée.
Il conclura : « *Il faut apprendre à écouter, car écouter c’est agir* ». Notre perception du son serait capable de nous mener à une prise de conscience individuelle et collective.

Les théories de Murray Schafer préconisent les sons qui composent l’espace. Théories en opposition aux concepts de l’acoustique architecturale. Ces concepts décrivent les propriétés de l’espace à ce qui peut être vécu et expérimenté par l’écoute. Une autre approche de la perception de l’espace qui met l'accent sur la façon dont les auditeurs expérimentent et vivent les espaces architecturaux.

2.2 Espace sonore de l'auditeur

“

Pas de son sans un milieu”

Michel Chion

2.2.1 Onde acoustique

Le son, contrairement à une image, se diffuse dans l'air et se confronte à l'acoustique du lieu dans lequel il est diffusé. L'onde sonore, propagation de vibration mécanique, ne peut pas exister sans un milieu propagateur car le son est cet ébranlement mécanique dans un milieu solide, liquide ou gazeux. L'onde sonore se propage de manière circulaire autour de sa source à une vitesse moyenne de 340m/s (dans l'air) puis s'affaibli proportionnellement au carré de la distance parcourue. Pendant sa « course », le son sera confronté à un milieu, propre à l'espace où il baigne. Ce milieu est composé de parois, de mobiliers et de personnes. En rencontrant ces divers obstacles, le son sera en partie absorbé, contourné et réfléchi.

On parle de réflexion quand l'onde rencontre une surface qui ne l'absorbe pas complétement et en renvoie une partie. Quand nous entendons un son, même en champ direct, on entend aussi ses réflexions, retardées dans le temps par leur différents parcours entre la source et les surfaces qui composent l'espace.
Si on considère un mur plat situé à une certaine distance, un claquement de main réfléchi sur cette paroi, sera entendu comme un écho. La distance du mur détermine le temps d'arrivée de l'écho, la zone du mur détermine l'intensité, et le matériau détermine le contenu fréquentiel de la réflexion.

La première réflexion sera renvoyée par le mur le plus proche, puis la deuxième réflexion, renvoyée par un mur un peu plus éloigné et ainsi de suite aves tous les obstacles (murs, plafond, sols, mobiliers, personnes) présents dans l'espace. Le mélange de toutes ces réflexions est la réverbération.
Les réflexions, sont primordiales dans notre perception d'un espace. Une église, de par sa taille et ses matériaux réfléchissants aura une réverbération plus longue qu'un salon de taille moyenne composé de matériaux absorbants.
Le champ sonore, soit le son direct et le son réverbéré, issu d'une scène acoustique varie de point en point. La nature des réflexions varie selon l'organisation spatiale de la scène.

@Alvin Lucier

Lien n°6
Alvin Lucier , 1969
« I'm sitting in a Room »

Alvin Lucier avec « I'm sitting in a Room » en 1969 illustre trés bien les effets des reflexions dans un espace. Il compose ici avec les élèments acoustiques ainsi qu'avec la psycho-acoustique. A l'aide de deux magnétophones et deux systèmes d'amplifications, il performe et cartographie la qualité acoustique d'un lieu, grâce à la voix. Alvin Lucier énonce un texte qui est enregistré, puis rediffusé à la fin de sa performance vocale. Cette première diffusion sera à son tour enregistrée, pour être diffusée et ainsi de suite, jusqu'au moment où le texte sur l'enregistrement devienne totalement inaudible, transformé par les artefacts induits par l'acoustique de la pièce et par les multiples diffusions et enregistrements, soit 32 fois.

Notons que rares sont les endroits qui absorbent complétement les sons, car ce phénomène n'existe pas dans la nature, à part très haut dans les airs.
Seules les chambres anéchoïques peuvent simuler cet effet. Elles sont des endroits d'expérimentations et de mesures où toutes les surfaces les composants, sont quasiment totalement absorbantes. John Cage, dans sa quête utopique à retranscrire le silence, fit une visite de la chambre anéchoïque de Harvard en 1951, pensant n'entendre aucun son. Il y perçu un son aigu et son grave, tous deux provenant de son système nerveux et de sa circulation sanguine. C'est ainsi qu'il prit conscience que le silence absolu n'existait pas.

Les réflexions sont des faits physiques qui ne se rapportent qu'indirectement à la perception, car notre cortex auditif les convertit en repères perceptuels, que nous utilisons ensuite pour synthétiser une expérience du monde extérieur. Nous entendons l'écho comme un son supplémentaire (perception sonore) de la même manière que nous entendons le clap de la main original (événement sonore). L'écho sera interprété comme un mur (objet acoustique passif).

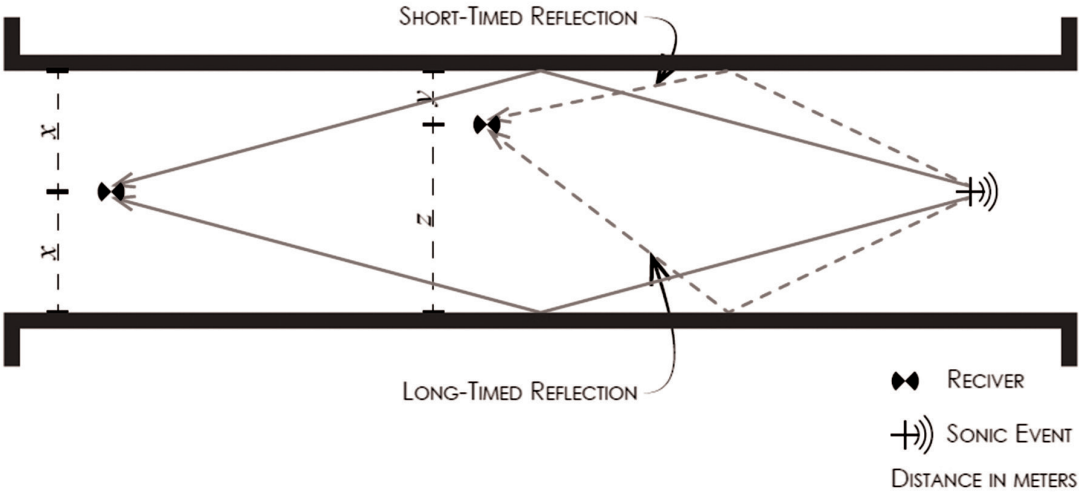


Diagramme illustrant les reflexions du son dans un espace. http://www.merate-barakat.com

“

Il faut vous figurer l'aire d'une salle de danse ou de concert, parcouru dans tous les sens par une foule d'ondes s'entrecroisant gracieusement. (...) Le frôlement des habits produit de petites plissures dans l'air ; chaque son de l'orchestre émet ses ondes, et tous ces systèmes se propagent sphériquement depuis leur origine, se traversent les uns les autres, se réfléchissent sur les murs de la salle, et rebondissent ça et là, jusqu'à ce que, dominés par des ondes nouvelles, ils s'éteignent.”

Hermann Von Helmholtz (1868)

2.2.2 Acoustique architecturale

Pour aider à la compréhension des sons composants une scène auditive, une acoustique adaptée à un lieu spécifique est une composante essentielle. La question de la qualité sonore des espaces étant une considération assez récente, l'acoustique architecturale (aural architecture) est une discipline qui semble convaincante quand on en considère ses enjeux. Le concept de l'acoustique architecturale est fondé sur les savoirs provenant de plusieurs disciplines comme l'architecture, l'acoustique, les sciences, la sociologie, l'art, la musique et la recherche.
Penser l'acoustique architecturale en considérant la conscience de l'audition, assure un moyen d'explorer notre lien auditif aux espaces construits par et pour les hommes ainsi que ceux pourvus par la nature. Chaque espace a une architecture sonore.

L'écoute contribue à un large champ d'expériences et de fonctions. Elle est aussi un moyen par lequel nous percevons les éléments de la vie, nous visualisons la géométrie spatiale, propageons des symboles culturels, stimulons des émotions, communiquons une information sonore et construisons des relations sociales. L'acoustique architecturale influe sur toutes ces fonctions pour en *garder une expérience du lieu* et utilise le langage de la physique pour décrire les processus sonores comme des phénomènes qui peuvent être mesurés.

L'acoustique architecturale *influence nos humeurs et nos associations* sans que nous en soyons conscients. Car l'empreinte sonore d'un lieu provoque en nous un stimulus sensoriel, auquel nous somme sensible. Nous pouvons ressentir la froideur d'une pièce, indépendant de sa température réelle. L'acoustique d'une grande cathédrale peut créer une ambiance mystique tandis que celle d'une chapelle peut améliorer l'intimité et le recueillement. Enfin, l'acoustique d'une zone ouverte peut produire un sentiment de liberté autant qu'une impression d'insécurité.

L'acoustique architecturale peut aussi révéler *une signification sociale*. L'acoustique d'un hall peut déterminer si l'entrée des visiteurs est un événement public ou privé. Par exemple, si les sols et les murs sont en marbre, ceux ci annoncent à haute voix l'arrivée des visiteurs par les échos retentissants de leurs pas. Le hall d'une gare par exemple. En revanche, si c'est un hall recouvert de moquettes épaisses, de meubles rembourrés et de draperies lourdes, tous les bruits incidents ou réfléchis sont supprimés, ce qui annule cet effet d'annonce et donnent une impression de sobriété et de discrétion. Ici, prenons l'exemple de l'accueil d'un médecin.
Si nous attribuons ces mêmes attributs acoustiques à un salon, les significations seront différentes. Un salon en marbre véhiculerait une sensation froide, dure et stérile, par opposition à un salon de matériaux absorbants, qui donnerait une impression de chaleur, de douceur et d'intimité.

L’acoustique, avec sa propre beauté, son esthétique et son symbolisme, est semblable à l'architecture visuelle. Leurs significations s'alignent et se renforcent mutuellement.
Reprenons l’exemple de la cathédrale, son immensité visuelle communique par la vue, tandis que sa réverbération enveloppante communique par l’ouïe. Pour les croyants, les deux sens se rejoignent pour créer le sentiment d'être dans la maison de leur dieu. Dans une même idée, l'élégance visuelle d'une grande salle d'opéra contribue à la grâce du spectacle, autant que l'atmosphère de pouvoir qui se dégage d’une salle d’une grande institution gouvernementale contribue à l'importance des discours qui y sont présentés. Dans ces exemples, parce que les éléments sonores et visuels de l'espace s’accordent, les symboles et les associations sont partagés.

Comme dans les autres domaines de l'architecture, les valeurs culturelles et les fonctions sociales déterminent l’expérience des attributs spatiaux. Dans différents modèles sociaux, les mêmes caractéristiques acoustiques auront des significations différentes, qui influenceraient l'humeur et le comportement des personnes dans différents contextes.

Un architecte sonore en tant qu'artiste, acousticien et ingénieur social choisira les attributs auditifs spécifiques d'un espace selon un cadre culturel particulier. Ainsi créer un espace sonore pour encourager une cohésion sociale avec ses habitants et ses utilisateurs.

C’est dans ce contexte que des travaux d’aménagement ont été élaborés dans les couloirs du métro attenant à la gare du Nord de Paris. Architectes et acousticiens ont travaillé de concert au confort visuel et sonore des usagers en définissant trois zones bien distinctes. Une première en parois en bois pour atténuer, une seconde en bétons pour exalter et une troisième, la station elle même, bien plus confinée. Cette dernière est bien plus contrastée car les architectes ont voulus favoriser une ambiance générale pour inciter à la lecture et à la discussion à voix basse. L’acoustique provoque ici une perception inconsciente, mais qui va accentuer la perception des différents espaces. Car la création de différents espaces sonores favorise une impression de mobilité et évite la sensation d’enfermement. Autant que pourraient le faire des jeux de lumière.

2.2.3 Perception de l’espace

Les réflexions sont le moyen auditif par lequel nous prenons conscience de la paroi et de ses propriétés, comme la taille, l'emplacement et les matériaux de surface. Le mur devient une manifestation audible même si elle n'est pas la source originale de l'énergie sonore. Lorsque notre capacité à décoder les attributs spatiaux est suffisamment développée en utilisant une large gamme de signaux acoustiques, nous pouvons facilement visualiser les objets et la géométrie spatiale, un moyen de voir avec nos oreilles.

Il n’y pas de son sans espace, il en est de même pour la perception et ce par le fait même que nous avons deux oreilles. Aussi parce que la fonction biologique de l’écoute est d’acquérir des renseignements sur l’environnement et sur les positions spatiales, les trajectoires des sources, leurs natures et leurs activités.

Avec notre tête, les deux oreilles constituent une antenne, le tout monté sur une base mobile, qui est notre corps. En recevant les ondes sonores acoustiques du milieu où elle est immergée, l’antenne reçoit et enregistre deux ondes sonores provenant d’une même source via notre système auditif.
Nous avons vu plus tôt que le système auditif a la particularité d’être une entrée physiologique vers un système sensoriel assez performant et réactif à la nature même du son. A cette étape, l’« antenne » opère à une décomposition spectrale qui sera traité par des trains d’impulsions nerveuses de chaque oreille afin d’en générer un « motif d’activité binaurale ». Ce motif est l’information auditive qui va en direction du système nerveux central, *puissant ordinateur biologique multitâche en parallèle avec une mémoire énorme, diverses interfaces et ports d’entrée-sortie.*[33] Le système nerveux central libère alors l’information sonore et acoustique à un monde perceptif individuel.

33. Blauert, Jens ; « La technologie binaurale : bases scientifiques et domaines d’application générique », Journal de physique IV Colloque, 1994.

Le rôle du son dans la perception de l’espace s’opère grâce à des indices de différence interaurale de temps, et la différence interaurale d’intensité.
Les différences interaurales de temps, ne sont pas efficaces pour les fréquences inférieures à 1,5khz, de par leurs longueurs d’ondes qui sont proches de la distance interaurale entre les deux oreilles. La différence d’intensité est plus propice à la perception des fréquences élevées.

Tous deux sont alors complémentaires et aident à déterminer l'azimut de la source subjective sur un plan médian, soit le critère principal de notre perception spatiale. Quand une source sonore arrive en même temps à nos deux oreilles, l'image sonore est centrée car les sources sont perçues identiquement.
Si l'un des signaux arrive plus fort, ou décalé dans le temps, l'image sonore se déplacera en fonction. Soit vers le signal plus fort, qui signifierait que la source est plus proche de l'oreille où le son est perçu de manière plus intense. Soit vers l'oreille qui aura perçu le son en premier. On parlera d'effet de précédence dans une mesure ou les sons sont au moins décalés de 50ms. Toutefois, la perception de l'élévation chez l'homme est bien moins efficace de par les propriétés de filtrage de la tête, du pavillon, des oreilles et du torse.

Dans tous les cas, le mouvement de la tête peut aussi renforcer l'information de localisation. En inclinant vers la source perçue, donc aussi aider à juger de l'élévation. Un déplacement latéral aidera à mieux estimer la distance, et le déplacement direct vers la source enlèvera toutes incertitudes.

Le rôle de l'espace dans la perception du son est de donner des indices et des mécanismes acoustiques, neuronaux et cognitifs, car *la mémoire énorme du puissant ordinateur biologique* s'enrichit au long de son existence d'une expérience composée de modèles spatiaux facilitant l'interprétation.

Il est vrai que l'être humain peut entendre avec une seule oreille, écoute monaurale, mais l'écoute avec les deux oreilles, écoute binaurale, est perceptivement largement supérieure. L'écoute binaurale permet de mieux pouvoir identifier, capter et sélectionner une source choisie dans un milieu peuplé d'un mélange de sources complexes, et/ou de renforcer la compréhension d'un signal direct dans un milieu réverbérant. Il s'agit ici de l'analyse d'une scène auditive comme décrite dans le cerveau sonore de la première partie de ce mémoire.

2.3 Systèmes d'écoute ou la représentation de l'espace sonore

2.3.1 Systèmes d'écoute et de diffusion

Le haut parleur est omniprésent dans notre vie quotidienne. On le trouve dans nos poches avec nos téléphones portables, sur nos ordinateurs, nos radios, nos systèmes hifi, nos voitures, nos écouteurs, dans les magasins pour diffuser de la musique, dans les gares pour diffuser des informations vocales. Nos existences sont peuplées de hauts parleurs comme moyen de communication, mais aussi pour écouter de la musique, des films, des messages informatifs, des fictions ou des signaux d'alertes. Le 20e siècle marquera une course passionnante dans l'histoire du haut parleur et de son évolution technologique en terme de qualité sonore et de reproduction spatialisée dans l'espace sonore de l'auditeur.

Cette histoire commence avec les premiers haut-parleurs créés au milieu du 19e siècle, dans le but de retranscrire un son préalablement enregistré. Ces modèles furent capables de retranscrire des sons purs, mais les sons vocaux étaient difficilement intelligibles. En 1876, *Alexander Graham Bell* met au point un haut parleur, intégré au premier téléphone, où la voix pouvait être retranscrite d'une manière compréhensible. Quelques années plus tard, *Thomas Edison* développera un système capable de retranscrire acoustiquement des sons préalablement enregistrés sur les cylindres phonographiques de son invention. Nous sommes en 1881.

L'invention de la technologie du transducteur à bobine mobile en 1898 par *Olivier Lodge* permis, au début du 20e siècle, l'invention des touts premiers hauts parleurs électrodynamiques. A la différence de ses prédécesseurs, ces hauts parleurs commencent à avoir une réponse fréquentielle de meilleure qualité. Ces systèmes restent toutefois très couteux pour l'époque.
Les années 30, grâce à l'arrivée du son dans le cinéma, marquent une évolution en terme de volume acoustique et de réponse fréquentielle dans les systèmes de reproduction sonore avec la combinaison de plusieurs haut-parleurs. En 1932, *Abel Gance* met au point un système capable de spatialiser la diffusion dans les grandes salles de cinéma avec plusieurs enceintes, combinant le son enregistré sur le film à un orchestre. Expérience sans suite, mais qui ouvrira des perspectives en terme de spatialisation du son.
En 1940, les studios Disney mettront au point le « Fantasound » pour le film *Fantasia*, avec une diffusion stéréophonique sur trois canaux diffusés derrière l'écran. Le système rencontra un fort succès auprès du public, mais restera sans suite, en raison de son coût et de sa complexité.

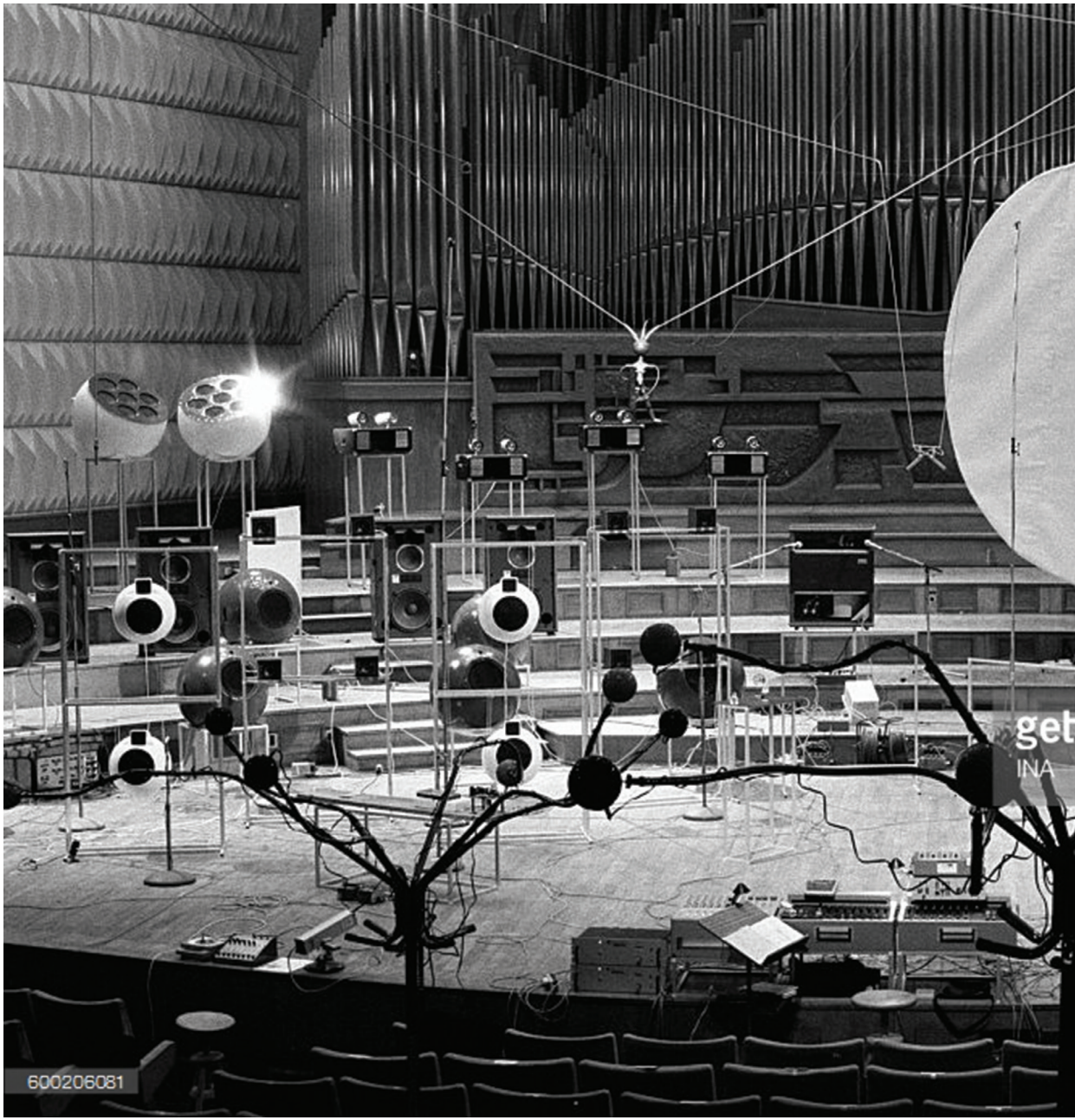
Puis les années 50 et 60, ont connu l'apparition des premières enceintes acoustiques qui per-

mettaient d'augmenter considérablement la qualité sonore et le rendement de restitution du son. Les années 60 ont vu l'avènement de la *diffusion stéréophonique* et marquent une nouvelle ère de système d'écoute grand public. Deux signaux diffusés sur deux enceintes monophoniques forment un champ de reconstitution et de perception de source sonore mise en relief dans un espace. Le système impose un positionnement idéal entre ces deux enceintes pour avoir un point d'écoute de l'espace stéréophonique optimum. Ce qui en fera sa plus grosse contrainte. Ce système deviendra cependant un classique grâce à ses faibles contraintes économiques et de mise en place. La stéréophonie est encore omniprésente dans une majorité de système de diffusion et dans la pratique de réalisations sonores contemporaines.

En 1967, le groupe *Pink Floyd* fut à l'origine du premier système quadriphonique utilisé en concert au Queen Elisabeth Hall pour leurs show « Game for May ». Les Floyd découvrirent dans les studios d'Abbey Road, que quelqu'un connectait deux paires d'enceintes, soit quatre enceintes monophoniques, placées à chaque extrémité de la salle. Le résultat fut un embryon du son surround, où l'auditeur perçoit la musique autour de lui d'une manière immersive. Le son sera contrôlé en live par le claviériste Rick Wright au moyen de L' *Azimuth Co-ordinateor* invention restée dans les annales. Cette interface fut la première télécommande de sons directs en azimut, ceux de l'orgue de Rick Wright et ceux pré enregistrés sur bandes magnétiques, sur un dispositif quadriphonique.

Depuis les années 70, l'industrie travaille à la miniaturisation des systèmes. Le haut parleur à bobine mobile reste la technologie la plus utilisée de nos jours, elle représente plus de 90% des haut-parleurs utilisés dans le monde.

En 1974, *François Bayle*, alors responsable du *Groupe de Recherche Musicales* (GRM) présente l'*Acousmonium*, orchestre de haut-parleurs permettant de prendre en compte l'espace dans le processus de composition. L'Acousmonium est conçu comme un espace de projection, qui en vue d'immerger l'auditeur, dirige, articule et spatialise une polyphonie sonore dans l'optique d'une certaine utopie de l'écoute pure. Ce dispositif spécifique à la diffusion de la musique de sons, se compose d'au moins seize haut-parleurs avec des caractéristiques différentes et un positionnement précis. Il se distingue d'un système traditionnel en mettant en avant la spatialisation in situ dans la salle de concert et le jeu du grain sonore propre aux caractéristiques des enceintes. L'Acousmonium est en opposition aux procédés de restitutions fidèles, et répartit du son dans une image spatiale déterminée comme le feraient les systèmes quadriphoniques ou stéréophoniques. Le dispositif conquit beaucoup de compositeurs, car tel un outil d'expression, il permet d'ajuster et d'adapter leurs musiques à de grands espaces.


600206081
get
INA

La scène d'un Acousmonium pour un concert de François Bayle au GRM.
21 Janvier 1980.
license photo; INA

1977 marquera un tournant dans la diffusion sonore cinématographique avec le procédé *Dolby stéréo* qui permettra un système de spatialisation quadriphonique à partir de pellicule 35mm à piste photographique. Ce procédé simple à mettre en œuvre et économique deviendra rapidement un classique dans le monde entier. Il sera rapidement amélioré pour une qualité sonore proche du numérique et donnera naissance une décennie plus tard à la diffusion surround multicanale 5.1 et 7.1. Soit 5 ou 7 canaux diffusés plus 1 canal basse fréquence. Une série d'enceintes seront disposées sur les murs avant, latéraux, et arrière de la salle. Hors de la salle de cinéma, ce système a cependant une faille non négligeable qui en fera certainement sa perte, car elle exige un point d'écoute de référence restreint. Au delà de ce champ, la qualité d'immersion sonore et les avantages en spatialisation dans l'espace s'estompent.

A travers cette épopée non exhaustive de l'histoire contemporaine de la diffusion, deux courants distincts se dégagent, le premier est la « *diffusion illusion* » qui joue sur la profondeur de champs et l'effet de précédence pour recréer l'illusion d'un espace tel un trompe l'œil. Il s'agit des systèmes stéréophoniques et multicanaux. Ces systèmes ont comme principale limite le placement du public au centre des enceintes qui sera déterminant pour percevoir les contours et la précision d'une relative immersion du son. Néanmoins, ces dispositifs sont peu couteux et accessibles dans la mise en place.
Malgré ces arguments, la diffusion stéréo garde une place prépondérante dans les systèmes utilisés à travers une large gamme d'application, du concert de musique amplifiée, à la diffusion radio, sans oublier les systèmes hifi, informatiques ... La stéréo reste aujourd'hui un format standard dans l'industrie de l'audio et de la diffusion de média. Même si, nous le verrons, le vent tourne vers de nouvelles technologies de diffusion immersives et bien plus convaincantes en terme de perception.

Le deuxième courant de diffusion est celui que je vais nommer la « *diffusion orchestre* », qui reste marginale à la musique acousmatique et contemporaine ainsi qu'aux installations sonores artistiques. Ici l'enceinte diffuse un grain sonore, un volume et une gamme fréquentielle. L'enceinte sera choisie pour sa réponse spectrale, non pas pour sa neutralité à reproduire un champ sonore. L'Acousmonium, est l'exemple le plus explicite, bien que le principe peut être détourné pour d'autres applications et dispositifs ciblés. La diffusion orchestre est un ensemble de haut-parleurs, placé dans l'espace selon la matière sonore, mais aussi disposés pour tirer le meilleur profit de l'acoustique du lieu.

Le 21e siècle sera une nouvelle épopée dans l'histoire de la diffusion sonore, celle d'un son immersif de plus en plus réaliste, le son en trois dimension. Nous resterons ici encore sur le thème de la diffusion dans l'espace.

2.3.2 Synthèse de champ sonore : système de diffusion immersif

Dans les systèmes audio spatialisés tels que les systèmes stéréophoniques et surround la diffusion des sources sonores est basée sur un modèle perceptuel.
Les synthèses de champs sonores comme la WFS (wave field synthesis) et l'ambisonie sont basées sur des techniques de synthèses fondées sur des modèles physiques de reproduction des sources et ambitionnent la diffusion d'un espace sonore immersif.

L'*ambisonie*, découverte dans les années 70 par *Michael Gerzon*, est un ensemble de techniques de synthèse de reproduction sonore. Ces techniques sont basées sur une décomposition de champs acoustique en harmoniques sphériques, comparables à une façon mathématique de décrire le son en trois dimensions, sur un plan latéral et sur le plan de l'élévation. Cette représentation récrée un champ acoustique sur une sphère, dans un espace défini, autour d'un point donné.
Nous pouvons alors la qualifier de surround, mais avec une neutralité directionnelle. Car ces techniques ont l'avantage de représenter un champ sonore en trois dimensions avec une présentation homogène des sources sonores sur l'ensemble de l'espace de la sphère. Ce système a aussi l'énorme avantage de pouvoir créer des logiciels qui synthétisent l'ambisonie facilement, à l'aide d'équations harmoniques sphériques. L'ambisonie ouvre de nouvelles possibilités en terme de création artistique et musicale, mais aussi en création de mondes virtuels sonores, avec une prise en main accessible.

Il y a plusieurs ordres dans l'ambisonie, plus l'ordre est élevé plus la résolution angulaire sera fine. Mais il nécessitera une configuration minimale du système de restitution, soit un nombre élevé de haut-parleurs égal ou supérieur au nombre d'harmoniques sphériques. Bien qu'il soit possible de restreindre le système ambisonique à un ordre minimum, la qualité vis à vis du placement de l'auditeur en sera réduite car il lui faudra être idéalement centré afin de percevoir un champ sonore cohérent.
Pour une qualité optimum et ainsi pouvoir offrir une liberté à l'auditoire, il est donc préférable d'opter pour un système à ordre élevé d'ambisonie sphérique qui nécessitera un nombre important de haut parleurs.
Le système ambisonique peut aussi s'adapter en deux dimensions, moyennant quelques modifications, il sera alors question d'harmoniques circulaires dont l'ensemble des traitements seront disponibles dans la limite des dimensions d'un cercle.

Système ambisonic du Studio 1 de l'IRCAM à Paris. Photo Philippe Barbosa.

La deuxième grande innovation notoire dans les systèmes de diffusion sonore immersifs est la *WFS*, Wave Field Synthesis, (Synthèse de front d'ondes). Il s'agit d'un système de diffusion en trois dimensions sur un plan horizontal. Il peut reproduire un orchestre en donnant l'impression que nous nous trouvons devant, même lors de notre déplacement le long du front de diffusion.
La technologie WFS fut découverte en 1968 sur le principe de Hygens, basé sur la technologie de reproduction de front d'ondes. Le système fut concrétisé en 1988 grâce à des travaux de recherches en mathématiques à l'université de Delft au pays Bas.
La WFS permet de projeter dans l'espace des hologrammes acoustiques, donnant la sensation que les sons proviennent d'une source virtuelle, et non des hauts parleurs. En recréant une source sonore rayonnant dans un lieu, la WFS permet d'interagir sur les propriétés acoustiques d'une salle en jouant avec son écho par exemple. Tout en permettant à l'auditeur de se déplacer en ayant une écoute et une perception cohérente sur la localisation des sources.
La WFS reste cependant un dispositif très gourmant en terme de coût et d'espace, ce qui en fait un système contraignant à mettre en place, car il exige un grand nombre de haut parleur. Pour un système idéal, il faut compter soixante quatre enceintes, chacune espacée de 15cm. Enfin le système possède aussi ses limites perceptives, car il est à ce jour vraiment précis jusqu'à 1,5Khz.

La diffusion immersive à encore de belles perceptives et émotionnelles à nous offrir, même si elle reste lourde à mettre en place. Les perspectives sont autant technologiques, que sur une dimension artistique. Les possibilités deviennent infinies pour fabriquer des musiques et des sons mouvant, dans un espace où l'auditeur peut lui aussi déambuler sans perdre l'essence et le fil de la matière sonore. Cette technologie a l'avantage de libérer la déambulation de l'auditeur tout en démultipliant les possibilités de spatialisation du son. Le designer sonore, l'artiste, le compositeur autant que l'ingénieur deviennent alors interprètes d'une spatialisation qui sera la source de nouvelles sensations sonores et de mouvements du corps dans l'espace.

Lien n°8
Vidéo d'un spatialiseur automatisé, illustrant les avancées technologiques en terme de spatialisation du son dans l'espace. IRCAM/SPAT combiné à IANNIX dans un espace ambisonic en trois dimensions– Pièce Entropia, Fraction 2014/2015

2.3.3 Sculpter le son dans l'espace

“

On peut dire qu'à l'avenir la musique deviendra spatiale.
Je crois que le mouvement des sons dans l'espace sera aussi important
que la mélodie, l'harmonie, le rythme, la dynamique, le timbre.”

Karlheinz Stockhausen, 1950

Dans les années 50, avec l'arrivée des magnétophones à bandes, il y eut un large questionnement à travers les compositeurs et artistes contemporains en terme de relation son et espace. En 1951, *Pierre Henry* utilise dans le cadre d'un concert au théâtre de l'empire, « un pupitre potentiométrique de relief à quatre canaux », conçu par Pierre Schaeffer et *Jacques Poullin*, alors ingénieur à la RTF. Ce fut le premier spatialiseur de son dans l'espace. Les sons sont alors projetés dans l'espace « suivant des plans et des trajectoires qui s'inscrivent dans la hauteur, la largeur et la profondeur». [34]

34. Selon la notice technique du programme du concert.

En 1958, *Le Corbusier* réalisa le *Pavillon Philips* pour l'exposition universelle de Bruxelles. Le pavillon accueillera les dispositifs sonores les plus perfectionnés de l'époque. Le Corbusier annonça alors : *«Je ne ferai pas de pavillon ; je ferai un poème électronique avec la bouteille qui le contiendra. La bouteille sera le pavillon»*. Il imposa à l'équipe Philips, le compositeur *Edgar Varèse* et transmis le projet à *Iannis Xenakis*, alors jeune compositeur et collaborateur privilégié de Le Corbusier. La notion d'espace sonore fut la clé de voute de l'ouvrage. Le Pavillon Philips devait accueillir un spectacle total. Quatre cents haut parleurs disposés autour de cinq cents visiteurs, diffusant les *sons organisés*[35] de la composition de Varèse, de sons bruts, transformés et combinés.
Par son esthétique, le Pavillon Philips, reste anthologique dans la manière de conjoindre architecture et musique dans une forme autoréférentielle parfaite.
Le pavillon Philips sera détruit après l'exposition, le Poème Electronique y perdu alors son espace sonore et architectural de vie.

Lien n°9
Version audio du poème électronique de Edgar Varèse. 1958

35. Varèse rejetant les termes de « musique électronique » ou « musique concrète » était en contradiction avec Pierre Schaeffer.

Un questionnement apparaît alors sur la forme que nous pouvons et voulons donner au son dans un espace. D'une approche immersive, illusoire ou orchestrale, il est certes intéressant de travailler le son comme un matériau avec une approche sculpturale. Mais que peut elle réellement apporter à l'œuvre et à l'auditeur ?

Karlheinz Stockhausen, toujours dans les années 50, pose une réflexion sur les nouveaux médias de l'époque avec la pièce *Gesang der Jünglinge*. Il concevait sa pensée à partir du point de vue de l'auditoire afin de lui proposer une expérience nouvelle. La spatialisation questionne le domaine de la performance plutôt que le média. Dans un contexte où le magnétophone représentait un sujet de développement technologique au détriment de l'expérimentation, on peut venir à se questionner sur la nécessité de l'utilisation d'équipement performant dans un processus de création.

Pour *Bernhard Leitner*, le son est un élément créatif qui permet de former l'espace de multiples manières. Vouloir délimiter un lieu à travers une composition en multipistes serait alors une utopie. Il y a un vocabulaire propre à l'architecture à connaitre afin de pouvoir explorer le monde des espaces à travers le langage des sons. Ces nouvelles descriptions du son dans l'espace permettent de composer dans un domaine entièrement nouveau. Bernhard Leitner souligne, que nous avons aussi l'avantage d'entendre avec notre corps. Cela nous permet d'expérimenter non seulement le son comme un outil créatif, mais aussi comme un matériau plastique et architectural car l'onde sonore traverse notre corps. C'est pourquoi la limitation de l'espace doit être définie dans un angle bien précis et différemment de celui des notions classiques de l'architecture.

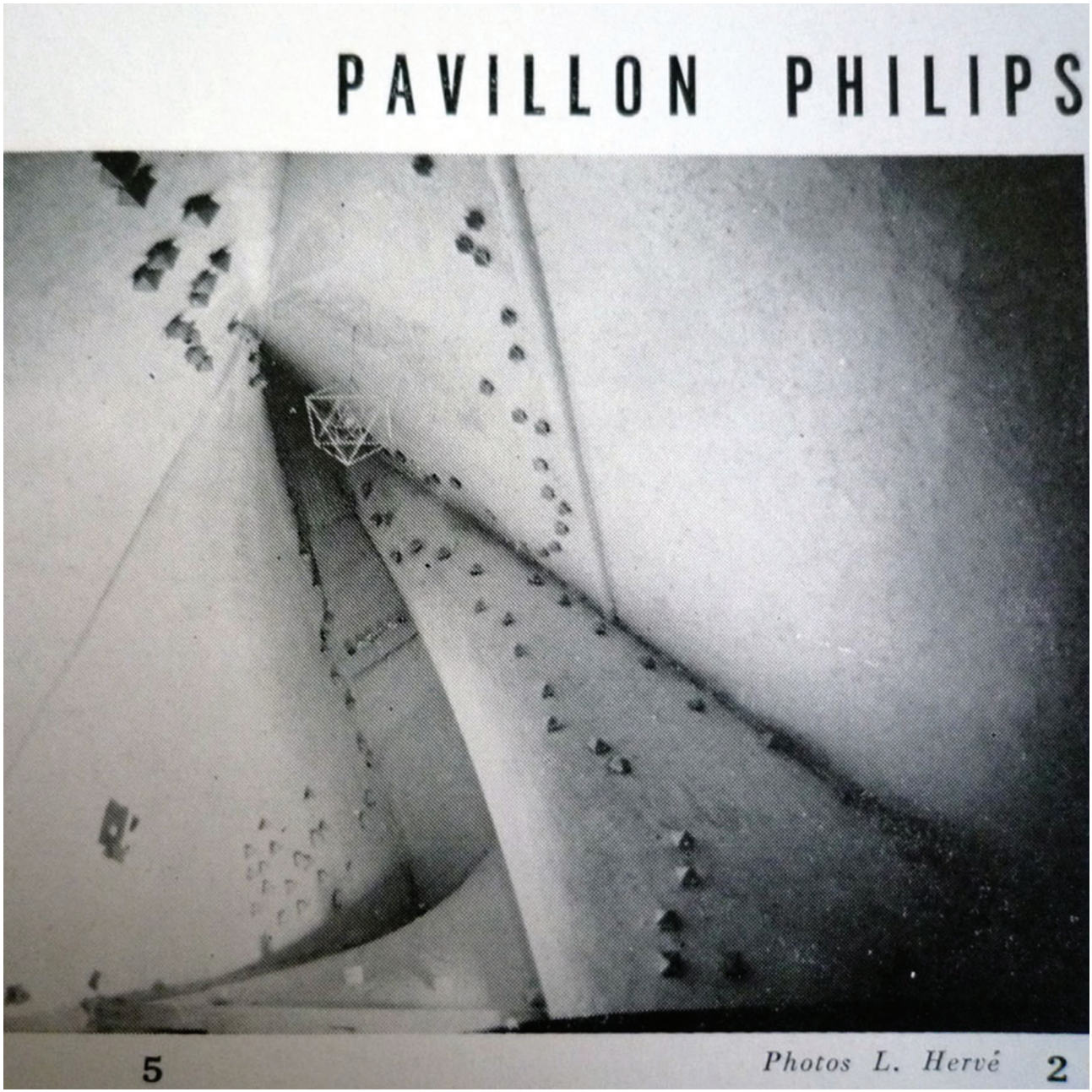
Bernhard Leitner est un architecte sonore qui étudie l'espace, le mouvement et les possibilités du son. L'objectif de ses recherches est de créer avec des sons d'instruments et de l'environnement, un ample projet sculptural et architectural, dont le corps est le fondement. Il compose des expériences d'écoute à travers un espace construit avec le mouvement du son. En cherchant à construire un espace acoustique autour de l'auditeur, Bernhard Leitner cherche à sortir de l'illusion d'un espace pour en extraire un espace réel composé de sons.

Lien n°10
Bernhard Leitner,
Sound Space Sculpture .
Hamburger Bahnhof

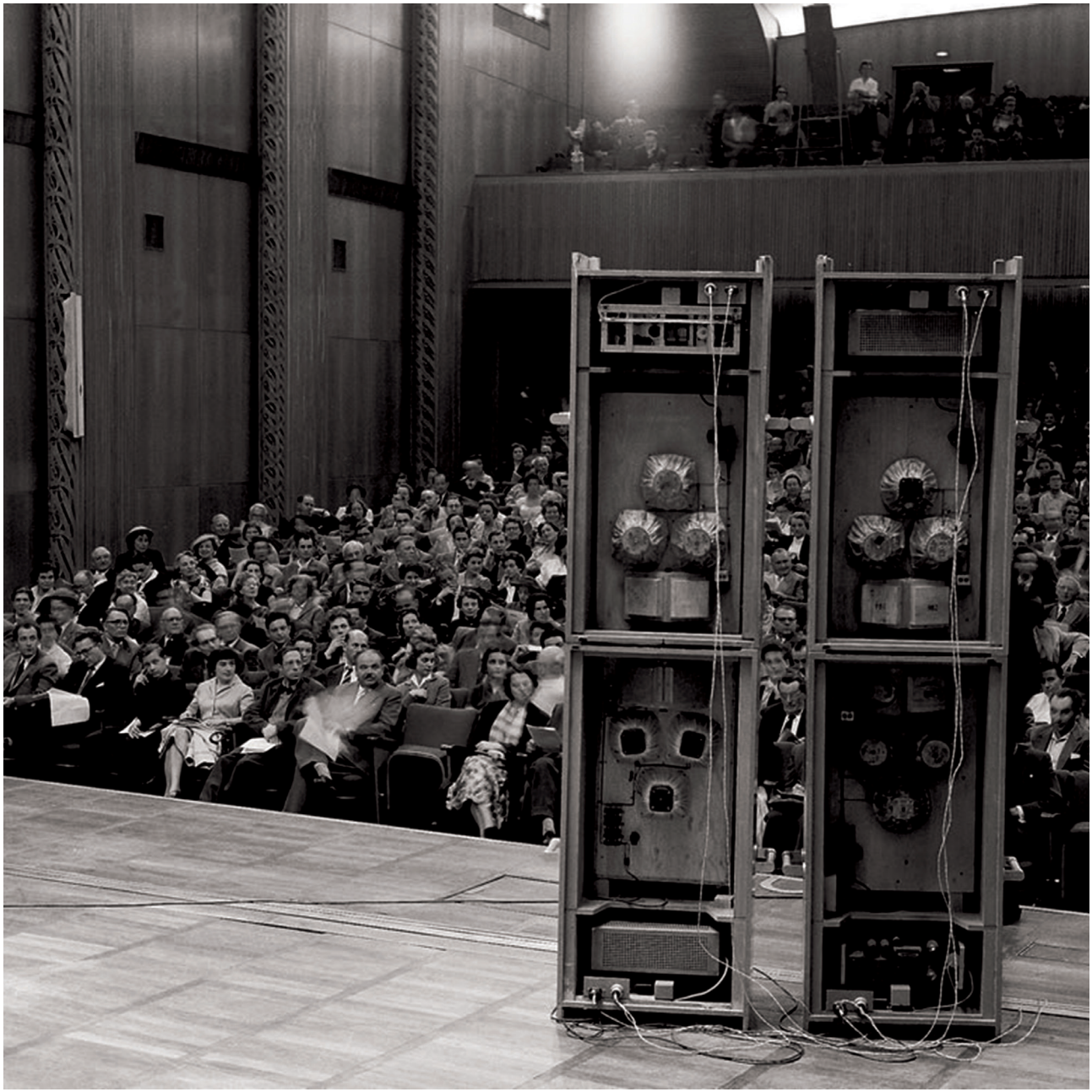
La *Monte Young*, initiateur de l'idée de musique éternelle, apporte en 1964 avec la *Dream House*, une autre approche du travail du son dans l'espace avec un phénomène basique de l'acoustique. Les ondes stationnaires dans un espace.
La Dream House est une composition sonore continue, semblable à une sculpture qui dure. La musique provenant de l'installation, n'a ni début, ni de fin. A la manière d'un drone musical, le son siège en continuité dans l'installation, avec deux ondes électroniques sinusoïdales fixes qui modulent et interagissent avec l'acoustique de l'espace et le déplacement de l'auditeur.

Lien n°11
La Monte Young ,
Marian Zazeela.
Dream House, 1990.
Collection MAC Lyon.

La Monte Young réalise une œuvre sur un simple phénomène de l'acoustique, phénomène immuable, en terme de musique spatialisée. Celle ci module au mouvement de l'auditeur, tout en étant immersive.



Pavillon Phillips, foire internationale de Bruxelles, Le Corbusier, Iannis Xenakis, 1958.



Première de GESANG DER JÜNGLINGE, Karlheinz Stockhausen. May 30, 1956, WDR Cologne.

Bernhard Leitner, Ton Röhre. 1973

L'idée de sculpter les sons dans l'espace et d'immerger l'auditeur d'ondes sonores n'est pas nouvelle. L'engouement et les enjeux du développement technologique restent pourtant intacts: proposer des expériences inédites et fonctionnelles à l'auditeur.
Pourtant, le questionnement reste encore entier sur la finalité d'une spatialisation à la pointe de la technologie en terme de sensation d'immersion. Est elle utile à la création et pertinente pour l'auditeur ? La création via les nouveau médias ont besoin d'être redéfini afin de se réapproprier les réels enjeux qui sont l'écoute et une interaction avec l'auditeur et le créateur.

2.4 Redéfinir l'auditorium

La notion de « *nouveaux auditoriums* » apparait dans une époque de transition profonde de notre société. Internet et l'évolution technologique dont il émane, modifient nos pratiques, nos usages et donc notre perception de l'écoute. L'homme s'y adapte et y apporte une dimension sociale lorsqu'il lui est possible d'y interagir et d'y subsister. Cette évolution de notre environnement avec la généralisation des réseaux électroniques comme internet, nourrissent une dématérialisation progressive de nos espaces communs, sociaux et individuels, ce qui influent forcément sur la notion d'auditorium.

Cette avancée technologique amène, comme le fait tout dispositif, à un égarement, voir à un réajustement, en produisant de nouvelles normes dans notre manière d'écouter et de consommer le son.[36]
S'attacher au maintien de l'auditorium à une époque où se rassembler et se synchroniser ne semble plus nécessaire pour partager des écoutes ou des échanges, amène à essayer de définir des nouvelles formes d'interaction dans une ère où l'architecture sociale devient immatérialisée. Les appareils d'écoute individualisés sont aujourd'hui reliés et alimentés par un réseau à tous moments et à n'importe quel endroit. Avec ces « fabrications » d'écoutes communes, nous commençons à discerner ce qui peut se profiler comme un espace d'écoute partagé.
Internet est par la force des choses devenu un nouvel auditorium. Même s'il pose une problématique quant à sa définition et son contexte par rapport à un auditorium classique, qui lui, se matérialise par un lieu et un moment d'écoute et d'interaction entre les auditeurs.[37]

L'avènement de ces nouveaux auditoriums dématérialisés inspire l'envie d'exalter l'auditorium conventionnel dans la lignée de beaucoup de compositeurs de ces dernières décennies. Iannis Xenakis, John Cage, Luigo Nono, Bernhard Leitner, Max Neuhaus et beaucoup de leurs contemporains auront excédé l'idée de l'auditorium en explorant ses dimensions, ses volumes,

36. Thompson, Emily. « The Soundscape of Modernity. Architectural acoustics and the culture of listenning in America » 1900,-1933. Cambridge, MA : The MIT Press, 2002

37. Joy, Jérôme ; « Locus Sonus, 10 ans d'expérimentations en art sonore », Le Mot et le Reste. P 27 à 45.

ses environnements et ses émotions. Pour en ranimer l'expérience esthétique avec de nouveaux moyens de diffusion, d'interaction, de répartition des musiciens dans l'espace ou en sortant le dispositif de l'espace d'écoute prédéfini. Ils auront tous contribué à éclater l'idée de l'auditorium classique, clos formel et spécialisé.
Exalter l'auditorium ne serait il pas l'idée de le délivrer définitivement d'un lieu clos et spécialisé, tout en libérant son espace à de vastes champs ouverts ? Ils seraient urbains, naturels ou dématérialisés mais socialement pertinents. L'espace d'écoute moderne, quelque soit sa nature, prend la forme d'un dispositif de composition, de création, d'expérimentation, d'interaction et d'échange, sur l'espace d'un moment et pour une écoute partagée.

Raymond Murray Schafer décrit notre environnement sonore comme une partition musicale, dans laquelle nous sommes intégrés. En étudiant le paysage, R.Murray Schafer a permis d'en établir les bases du design sonore comme un « art de l'orchestration », qui donne lieu à une cartographie perceptive de l'ensemble des sons liés à un sujet et son environnement. D'après l'adage de Michel Chion, « écouter, c'est agir », notre perception du son serait capable de nous mener à une prise de conscience individuelle et collective du monde dans lequel nous vivons. L'acoustique architecturale concède à l'espace, la conscience de l'audition comme le sens d'une simple écoute non intellectualisée, qui contribue à un large champ d'expériences et de fonctions. Elle est un moyen par lequel nous percevons les éléments de la vie, nous visualisons la géométrie spatiale, propageons des symboles culturels et sociaux et stimulons des émotions - Emotions que la technologie cherche à reproduire et que la pratique explore et détourne - Car depuis près d'un siècle, les systèmes de diffusion ont vu un développement technologique fulgurant, pour arriver à une diffusion sonore immersive de plus en plus réaliste: le son en trois dimensions. Plonger le spectateur dans un espace sonore virtuel est maintenant à portée de main. En reste un questionnement, que Karlheinz Stockhausen, posait déjà dans les années 50, soit une réflexion quant à l'expérience nouvelle des nouveaux médias du point de vue de l'auditoire. L'aspect technique suffit il à l'expérience ? A l'image des nouveaux auditoriums, les réseaux électroniques comme internet auront permis d'officialiser un décloisonnement de l'auditorium à un champ dématérialisé. L'espace d'écoute moderne, quelque soit sa nature, prend la forme d'un dispositif de création, d'expérimentation et d'échange, sur l'espace d'un moment et pour une écoute partagée.

“L’art témoigne de ce paysage sonore idéal que l’homme crée pour cette autre vie, qui est celle de l’imagination et de l’univers psychique.”

Raymon Murray Schafer,
Le paysage sonore, Le monde comme musique (1977)

III. Le dispositif comme concept artistique et social

Interactions envisageables entre sujet et une installation

> *“En nous liant plus intimement à la nature ou à notre nature humaine,*
> *par exemple en nous rendant conscient du processus menant à la vie,*
> *l’art technologique peut nous faire prendre conscience du miracle de la vie”*
>
> Roy Ascott

Interrogeons le concept du dispositif et les interactions possibles entre un spectateur et une installation sonore. Pour cela, il est nécessaire de faire un retour sur les expérimentations artistiques de la première moitié du début du 20e siècle, qui auront défini les fondements d’un art décloisonné, en replaçant le public au centre de l’œuvre. Grâce à ce décloisonnement l’art sera sonore sous une forme matérielle et immatérielle. L’évolution technologique fut toute aussi foisonnante et permet à l’homme d’interagir avec la machine. Un questionnement subsiste toutefois ; l’artiste est t’il au service de la technologie, ou y voit-il plutôt un attachement dans l’expérience du spectateur ? Ce questionnement nous ramène à l’essence même du procédé de mise en place de l’œuvre en situation, et de ce qu’elle peut générer comme machine et comme machination. Nous verrons que celui-ci a un mode d’écriture propre qui invite le public dans le processus d’une œuvre. L’artiste, avec le dispositif sonore, se risque à une instabilité permanente.

3.1 A l’origine : l’expérimentation

Marcel Duchamp sera le pionnier de la pratique d'un art à manipuler. Grâce à son intérêt pour la science, Duchamp expérimenta la vitesse et le temps pour créer en 1935 les *Rotoreliefs*. Ceux ci consistent en des motifs graphiques imprimés sur des disques et mis en action avec un phonographe. Sous l'action de rotation du tourne disque, les formes dessinées sur les disques génèrent des formes tridimensionnelles basées sur l'illusion d'optique et provoque la perception visuelle du spectateur.

Marcel Duchamp avait déjà au début du 20e siècle, avec son concept de *ready-made*, fixé une nouvelle définition de la place du spectateur. En exposant des objets industriels sans intérêt esthétique et en les détournant de leurs contextes, l'artiste questionne la valeur d'un objet banal sorti de son contexte et remet en question le statut de l'œuvre elle même.
La perception de l'œuvre entretenue à travers le point de vue du spectateur deviendra un fondement de l'art contemporain qui fixera une relation triangulaire entre l'artiste, l'œuvre et le spectateur.

En 1930, *László Moholy-Nagy*, plasticien et enseignant au *Bauhaus*, crée le *Modulateur espace lumière*. Cette sculpture cinétique, fruit de l'aboutissement de 10 ans d'expérimentations, est basée sur des jeux de lumières. La sculpture est formée de pièce de métal et de verre, travaillées en surfaces mates ou lustrées. Les pièces tournent tel les éléments d'un mobile sur une structure mécanisée. Cette structure donne forme et mouvement à la lumière projetée sur les différentes surfaces. A travers cette œuvre, László Moholy-Nagy confortera l'idée d'une œuvre dispositif qui offre la capacité d'interagir avec son environnement. László Moholy-Nagy fut un précurseur de l'art cinétique

Lien n°12
Modulateur espace lumière,
László Moholy-Nagy.
Film, 1930.

3.1.1 L'Art cinétique : les formes en mouvements

"L'avenir nous réserve le bonheur en la nouvelle beauté plastique mouvante et émouvante."

Victor Vasarely, 1950

L'art cinétique est un art fondé sur l'esthétique des formes en mouvements. Dès les années 50, *Victor Vasarely*, qui en sera un précurseur, travaillera à partir de formes géométriques simples dont il dégagera des effets d'illusions d'optique et de vibration rétinienne.

Le spectateur joue alors un rôle dynamique dans le processus de construction de l'image, grâce à des formes redistribuées suivant les lois de la perception.

Au début des années 60, plusieurs groupements d'artistes, issus du mouvement cinétique, se forment en Europe. Il se crée une volonté commune de faire du « mouvement », une discipline à part entière. A travers cette matière, il y a une volonté de se dégager d'une tradition jugée trop intellectuelle, pour toucher un plus large public. C'est ainsi qu'en 1961 se crée en France, le collectif d'artistes *GRAV*, Groupement de Recherche d'Art Visuel. Plusieurs collectifs similaires se créent à travers l'Europe et aux Etats Unis afin de développer un intérêt commun pour des expositions et des manifestations hors des circuits conventionnels de galeries et de musées. Lors de la troisième biennale de Paris en 1963, le GRAV propose un manifeste, qui pourrait encore de nos jours, définir certains fondements de l'interactivité dans l'art :

> *Nous voulons intéresser le spectateur, le sortir des inhibitions, le décontracter.*
> *Nous voulons le faire participer.*
> *Nous voulons le placer dans une situation qu'il déclenche et qu'il transforme.*
> *Nous voulons qu'il s'oriente vers une interaction avec d'autres spectateurs.*
> *Nous voulons développer chez le spectateur une forte capacité de perception et d'action*

L'artiste a alors pour mission de concevoir une œuvre, qui formerait une règle du jeu. L'objectif est de prendre en compte la perception du spectateur, dans le déroulement du processus de l'expérience de l'œuvre.

L'art cinétique rassemble des pratiques très diverses, de l'œuvre motorisée à l'œuvre modifiée par l'intervention du spectateur, voir d'élément naturel comme le vent. Ce courant rassemble toute œuvre, mobile ou non, qui se meut dans l'œil du spectateur.

Jean Tinguely utilisera la sculpture afin d'en libérer l'œuvre physiquement. Dés 1955, il créera des machines bringuebalantes, dans l'idée de mettre en péril, « un rationalisme industriel qui s'inscrit historiquement et idéologiquement ». En opposition à des formes propres et lisses qui dominent les sociétés occidentales, Jean Tinguely travaille sur une nouvelle approche perceptible du réel, dans l'idée de prendre les choses pour ce qu'elles sont. Dans l'idée d'un nouveau réalisme, Jean Tinguely a la volonté de donner vie aux sculptures en les mécanisant et en les mettant en mouvement. Ces sculptures, faites de matériaux rouillés et usagés sont des machines qui s'insurgent contre les machines. Et à leur manière, des machines tournées vers le futur : en devenir de carcasses.

Dès 1955, Jean Tinguely participera au renouveau de l'art cinétique et sera suivi par plusieurs jeunes artistes appartenant au mouvement. Leur réelle envie sera de dépasser la tradition de l'œuvre géométrique pour aller vers des œuvres ouvertes avec une dimension sociale.
Jesús Rafael Soto fera partie de ce renouveau de l'art cinétique, avec notamment son travail sur *les Pénétrables*. En 1967, il présenta son premier Pénétrable, une œuvre dans l'espace qui se présente comme un volume suspendu, composé de tiges de métal, fixées à une croix grecque suspendue au plafond. L'œuvre assez imposante est installée au milieu de la galerie et invite les visiteurs à la traverser. Soto propose au spectateur de déambuler dans ses pénétrables et participe à la lui faire ressentir ainsi qu'à l'entendre. Jesús Rafael Soto joue avec un trouble visuel, un jeu de lumière et la vibration des tiges de métal qui s'entrechoquent entre elles. Les pénétrables sont des *œuvres à vivre et à percevoir*.

L'art cinétiques c'est inscrit dans une tradition de l'expérimentation qui à pour finalité de se focaliser sur la perception du spectateur. L'œuvre cinétique prend alors une dimension ludique et spectaculaire, tout en remettant en jeu son statut et sa fonction.

Les divergences que permettra l'art cinétique, se retrouveront dans l'œuvre des générations suivantes. Fin des années 70, une fusion entres les arts et une sorte de démocratisation technologique, amèneront toutes formes d'hybridation et de pratiques variées. Allant de la vidéo à la machine interactive, l'emploi de néons, de plexiglass, de lasers lumineux. Les œuvres deviennent évolutives et dessinent des espaces immersifs.

3.1.2 L'Art Cybernétique

L'art cybernétique apparaît dans les années 50 en même temps que la science cybernétique. A la différence que le courant artistique qualifie une démarche, non pas par une évidence de forme qu'induit une socialisation massive des nouvelles technologies. Pour cette raison il est compliqué de définir précisément les contours de ce mouvement.

Nicolas Schöffer est un pionnier de l'approche cybernétique. Il sera le premier à proposer une œuvre pleinement interactive avec *CYPS 1* une sculpture sonore automne et équipée de capteurs. La sculpture comportait un cerveau électronique qui permettait de bouger différentes pièces, des yeux photoélectriques et des oreilles microphones. Le CYPS 1 pouvait réagir à différents stimuli du monde extérieur, comme la parole, différents bruits ou des claquements de mains. Cette même sculpture participera à une performance sur le toit de la Cité Radieuse du Corbusier à Marseille en 1956. Des danseurs interagiront avec l'œuvre sur une chorégraphie de Maurice Béjart.

Lien n°13
Nicolas Schöffer
CYPS 1, sur l'esplanade du Trocadéro.
Film d'archive.

« La sculpture spatiodynamique et cybernétique CYSP 1. est la première sculpture qui réalise dans sa totalité les principes du spatiodynamisme. Ce mouvement, que j'ai créé en 1948, a pour but la libération totale de la sculpture. Les conditions de cette libération sont:
- la suppression des volumes opaques et l'utilisation exclusive de l'ossature apparente contrepointée par les rythmes des éléments plans,
- l'utilisation de la couleur et des sons extraits par percussion de la sculpture même, enregistrés et diffusés électroniquement,
- et finalement, le mouvement autonome, organique, disons même intelligent, grâce à la cybernétique, qui permet à la sculpture d'offrir aux spectateurs un spectacle toujours varié et différent réalisant dans un seul objet une synthèse totale entre la sculpture, la peinture, la chorégraphie, la musique et le cinéma. »

Nicolas SCHOFFER
(document d'archives - 1956)

Nicolas Schöffer pris rapidement conscience de l'importance des mutations qu'entraînerait la démocratisation des ordinateurs. Il était partisan d'un art total, entre les arts plastiques, sonores et performatifs, et fut l'initiateur d'une relation tangible entre l'art et les technologies de pointe.

Roy Ascott, a dès les années 70, basé son action sur des concepts cybernétiques de rétroaction, d'interactivité et de participation. Il a notamment mis en œuvre ses concepts dans la pédagogie, ayant enseigné dans de nombreuses écoles d'Art dans le monde. En 1994, il sera le fondateur du centre de recherche CAIIA-STAR[38] dans lequel, est établi un travail de définition et d'établissement de nouvelles pratiques dans l'utilisation innovante et créatives des médias interactifs, des systèmes télématiques, la biologie et de la science cognitive. Roy Ascott défend un *mode de recherche multidisciplinaire, en se basant sur l'interdépendance des disciplines artistiques, scientifiques et technologiques, afin d'enrichir l'expérience humaine au profit d'une prise de conscience du public qui utilise ces nouvelles technologies.*

38. Centre de recherche avancé sur les arts CAIIA interactifs à l'université de Newport, Pays de Galles. STAR : Centre pour la science, la Technologie et l'Art de l'université de Plymouth.

En 1967, Roy Ascott analysait une société qui deviendrait totalement cybernétique, avec des processus de rétroactions, de communication instantanée et de flexibilité autonome, qui nous aiderait à informer tous les aspects de notre environnement. Il affirmait « L'esprit cybernétique devrait informer l'art et être en retour informé par lui ». Pour Ascott, *l'artiste n'est pas au service de la technologie, et doit rester ouvert et libre dans les outils qu'il emploie.* La démarche artistique doit être davantage valorisée que l'outil technologique lui même.
Une vision cybernétique doit se nourrir d'une culture transdisciplinaire entre science, art et valeurs humaines. *L'homme devant se trouver au centre des recherches*, afin d'éviter de tomber dans la facilité des modèles cybernétiques conformés aux systèmes économiques et militaires mis en place. Et plus précisément, *éviter de tomber dans un art artificiel, vide de sens.*

Roy Ascott développe également un concept d'auteur collectif, qui rejoint le concept de créativité partagée et de notion de participation dans l'œuvre interactive. Il n'y aurait alors, pas vraiment d'auteur. Comme pour une mise en abime, l'auteur est dans l'œuvre interactive celui qui met des conditions. L'idée de partage de l'œuvre est alors déplacée, pas en abandonnant l'auteur, mais en partageant le pouvoir de création dans l'œuvre.

Roy Ascott en fait une démonstration en 1983, dans le cadre du *festival Electra*, au musée d'Art Moderne de Paris. L'artiste propose une œuvre télématique en réseau avec seize villes à travers le monde. *La Plissure du texte*[39] , propose aux spectateurs présents dans chaque ville de participer à élaborer un conte de fée planétaire, en échangeant des écrits via le réseau télématique mis en place pour l'œuvre. Le texte est alors élaboré en commun par les participants. A travers cette performance, le questionnement subsiste sur la notion d'auteur dans une écriture coopérative, à savoir à qui reviendrait l'autorité du texte poétique. L'auteur pose les conditions d'émergence d'un texte collectif, issu d'un groupe que l'artiste a lui même entrepris de faire participer à travers une proposition artistique. Roy Ascott serait alors auteur avec une multitude d'auteurs. Cette idée de développement d'une création, où chacun apporte sa pierre est une prémisse du questionnement actuel à propos de l'open source. Une idée de développement d'un dispositif où chacun va pouvoir contribuer et y être organisé par un système de crédits. La notion d'auteur se ferait dans une logique d'organisation légiférée en licence publique.

39. En Hommage à Roland Barthes pour son livre « le Plaisir du Texte »

3.1.3 Le concept dans l'art

Avec l'avènement de l'*art conceptuel*, le temps de défense d'un support dans l'art est révolu, car ce qui nous importe aujourd'hui, c'est de cerner des problématiques fondamentales ayant inspirés des artistes à utiliser tel ou tel médium. Les évolutions technologiques ne permettent en rien de rendre compte d'un intérêt créatif, mais plutôt ce qu'il peut apporter à un art pluriel.

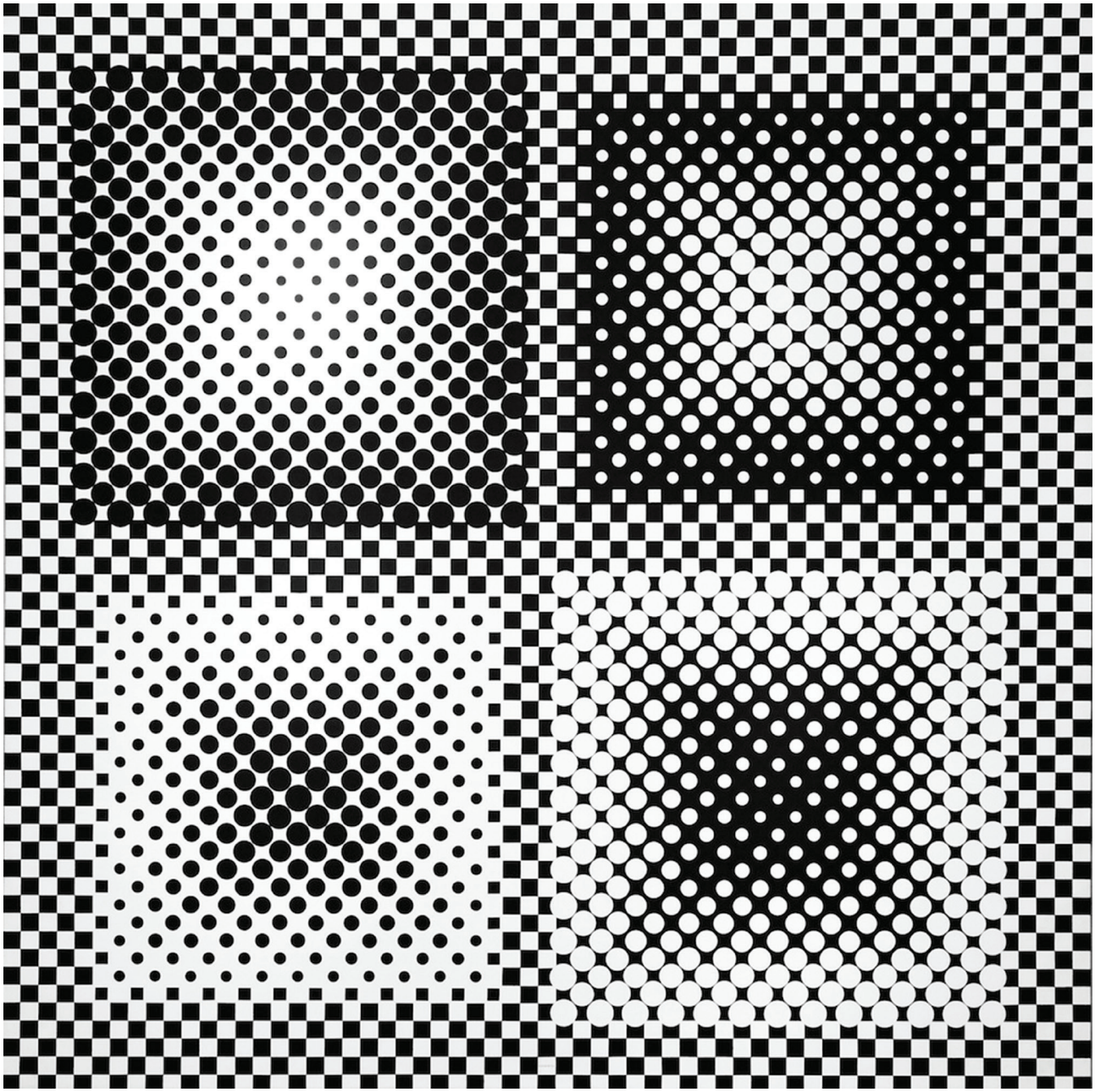
L'art cinétique et l'art cybernétique ont fait émerger un questionnement critique et autocritique sur le statut de l'art et sa représentation. Les expérimentations à travers les dispositifs vidéos dans les années 60, avec Fluxus, auront activement contribué à de nouveaux concepts artistiques actuels. Aussi, ils auront remis en cause un formalisme lié à une spécificité et à une indépendance de l'œuvre au regard d'un contexte. Les institutions de l'art et le marché s'y développant y seront alors démystifiés méthodiquement, car le mouvement conceptuel cherche à briser la séparation entre l'art et la vie, en proposant d'autres liens avec le public. Musiques, arts plastiques, danse, poésie deviennent étroitement liés. C'est dans ces circonstances que *Nam June Paik* dans *13 Distorded TV Sets*, et *Wolf Vostel* dans *6 TV Dé-coll/age*, utilisèrent la vidéo via des téléviseurs dans leurs performances. A la fin des années 60, la scène artistique

utilisera plus largement la vidéo que se soit en Europe et aux Etats Unis, ceci pour un foisonnement de déclinaison de projets qui se recouperont sur des questionnements similaires. La vidéo en participant à presque tous les courants, s'affirmera comme un médium naturel d'œuvres nouvelles. Paradoxalement dans les disciplines tels que la danse, les arts plastiques ou la musique, la vidéo est un support corrompu. Cette corruption ouvrira une voie de décloisonnement les plus divers dans chaque discipline et mettra en cause les limites même de l'art. Les œuvres les plus productives se livreront à un travail critique de portée générale au delà d'une démarche superficielle basée sur des principes techniques définis.

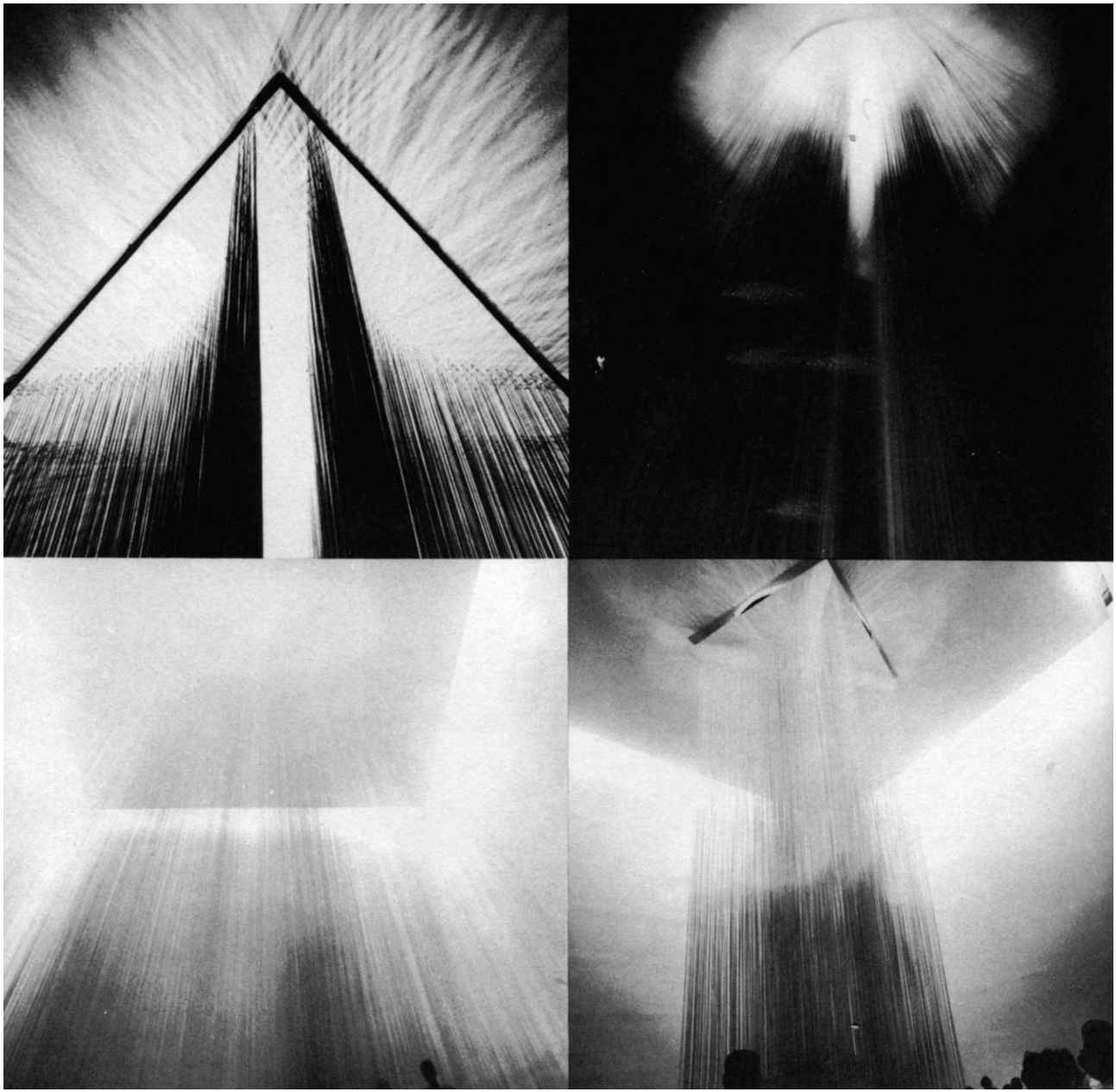
L'art conceptuel sollicite l'activité mentale du spectateur en déplaçant l'attention qu'il porte usuellement à l'objet d'art sur les principes qui l'ont conduit à sa conception. L'idée est le caractère le plus fondamental de l'œuvre. Le processus lié à la création, est défini à l'avance par l'artiste et devient une machine qui fabrique l'art[40]. L'important est dans la matrice et dans l'ensemble des règles qui engendrent l'œuvre. Marcel Duchamp avec les ready-made rejetait une physicalité de l'œuvre plastique. « Je m'intéressais aux idées, et pas seulement aux produits visuels. Je voulais remettre la peinture au service de l'esprit »[41].
Au lieu de la dématérialisation de l'œuvre, il fut plus intéressant de parler d'une ouverture, par le biais d'une diversification des techniques possibles de création : texte, photo, document, corps, son, vidéo, etc. Ainsi offrir des processus qui exposent des conditions de possibilités et poussent à une continuité de remise en question. De ce fait, c'est un système de représentation qui s'expose en définissant un espace sensible, composé de réflexions et de perceptions. Les installations mobilisent tout le corps dans l'expérience d'une création et deviennent un terrain où le concept et le percept se manifestent.

40. Le Witt, Sol. « Paragraph on conceptual art », dans On Art. Artist's writings on the changed notion of after, 1965, Gerd de Vries Verlad Dumond international Editions.

41. Duchamp, Marcel. A propos de l'œuvre le roi et la reine entourés de nus vite, « Duchamp du signe », Paris, Flammarion, 1975. P171, 172.



Victor Vasarely, IKER. Huile sur toile, 1980.



Jesús-Rafael Soto, Pénétrable. Pavillon du Vénézuela Montréal (Canada), 1967

3.2 L'art du son

Les galeries et musées, qui à l'origine étaient d'un silence quasi religieux, se remplissent depuis les dernières décennies de sons en tout genre. De fracas, de fréquences méditatives, de bruits inouïs et de sonorités environnementales : les sons de l'extérieur s'invitent dans l'espace d'exposition. Ainsi, l'art sonore décloisonne le musée de l'espace de concert et de performance. Les avancées technologiques auront de toutes évidences démocratisées les pratiques, et placent l'art d'utiliser les sons, dans une nouvelle perspective inédite : la sculpture sera sonore.

Le *sound art* invite divers hybridations du son non musical au film sans image. Le temps n'est plus à la tradition du tableau qui questionne la peinture, ou à la musique qui sonde la structure. Avec l'art sonore, le temps est venu de retracer un espace de création rempli de manques.

3.2.1 L'Art Sonore dans l'installation

Lien n°14
Kurt Schwitters, Ursonate. Enregistrement du 5 mai 1932.

Aux origines, la substance de l'art sonore est arrivée avec le décloisonnement de l'art opéré au début du 20e siècle, notamment avec le *mouvement Dada*. Les Dadaïstes avaient une volonté d'ouvrir à des champs multidirectionnels. *Kurt Schwitters* et avec l'*Ursonate*[42], avait une volonté de « déconstruire le langage ». *Fluxus* œuvrera aussi dans cette démarche de décloisonnement déterminé des arts. Parfois à coup de masses à la manière de *Piano Activities* de *Philip Corner*, performance musicale qui implique la destruction collective d'un piano à queue.

42. Ursonate, de Kurt Schwitters, est un poème phonétique, autant qu'une « poésie-composition musicale-performance », constitué de syllabes ou de sons dénués de signification. 1922/1932

Que faire avec les croisements induits de la dislocation de l'art ? Le fait de travailler avec ce que l'on a comme médium suppose de travailler avec la technologie. Même si nous avons déjà démontré que l'art ne peut subsister sur le seul rapport à la technologie.
Markus Popp nous aide à brouiller définitivement les catégories en place. Ne se revendiquant pas musicien, Markus Popp à produit *Orval*, musique électronique explorant les erreurs digitales. L'auteur se revendique créateur d'un processus, sous la forme d'un cube semi transparent, dont l'objet est une matrice génératrice de sonorités en perpétuelle évolution à partir de tout type de sons ou de musiques entrant dans un programme. Markus Popp se dit influencé par le travail des ingénieurs qui l'ont aidé à mettre au point son programme, non pas à des sources musicales.

Lien n°15
Philip Corner, Piano Activities 1962. Performance de Simon Anderson (2014).

Lien n°16
Fluxus Festival,
Film 1962.

Lien n°17
Markus Popp,
Oval Score.
Teaser, 2011.

Même si l'art sonore a trouvé ses origines aux débuts du 20e siècle, l'étiquette *Art Sonore* fut utilisée la première fois en 1983 lors de l'exposition *Sound/Art* au Sculpture Center à New York. Cette appellation appelle à un débat contesté sur la définition de ces pratiques et prétend plusieurs écoles de pensées.
D'abord celle de *David Toop* pour qui le son est un médium combiné avec les pratiques des arts visuels. Puis celle de *Bernd Schulz* qui établit une relation entre le son et l'espace, avec des installations ou des sculptures sonores. Enfin, celle de *Brandon Labelle*, qui a une définition plus ouverte de l'art sonore car il replace l'écoute au centre de l'œuvre. Cette réflexion ouvre à des dimensions qui ne sont pas liées au son. Bien que le son reste la thématique principale.
L'art sonore, resté longtemps sectorisé, est depuis cette dernière décennie ouvert aux faveurs de l'art contemporain. On le redéfinit d' « extended sound » alternative de l'étiquette art sonore.

L'art sonore s'est introduit dans les galeries dans les années 80, elle fut introduite par la vidéo, et subsidiairement le son. Du Whitney Museum de New York à la Modern Tate de Londres en passant par le Palais de Tokyo à Paris, que ce soient des lieux privés ou institutions d'états, le son y trouve largement sa place aujourd'hui. Ce, sous ses associations les plus multiples, l'art sonore prend forme de sons aléatoires, composés, environnementaux, génératifs, à écouter avec intérêt, ou en ambiances sonores.
David Toop, musicien, journaliste et écrivain, fut en 2000, le curateur de *Sonic Boom - The Art of Sound*, à la Hayward Gallery. Sonic Boom demeure la première grande exposition du genre qui nous invite dans un voyage dans l'expérimentation sonore du 20e siècle jusqu'à l'art sonore, science interdisciplinaire qui prend plus en plus de place dans diverses mouvements, époques et attitudes artistiques. Cet événement décisif dans une reconnaissance de la discipline fut une étape décisive, car elle fut à la fois un aboutissement et le départ de multiples manifestations où le son, la musique, les images mouvantes, la sculpture et l'architecture se confondent.

3.2.2 Formes et illustrations tangibles de l'installation sonore

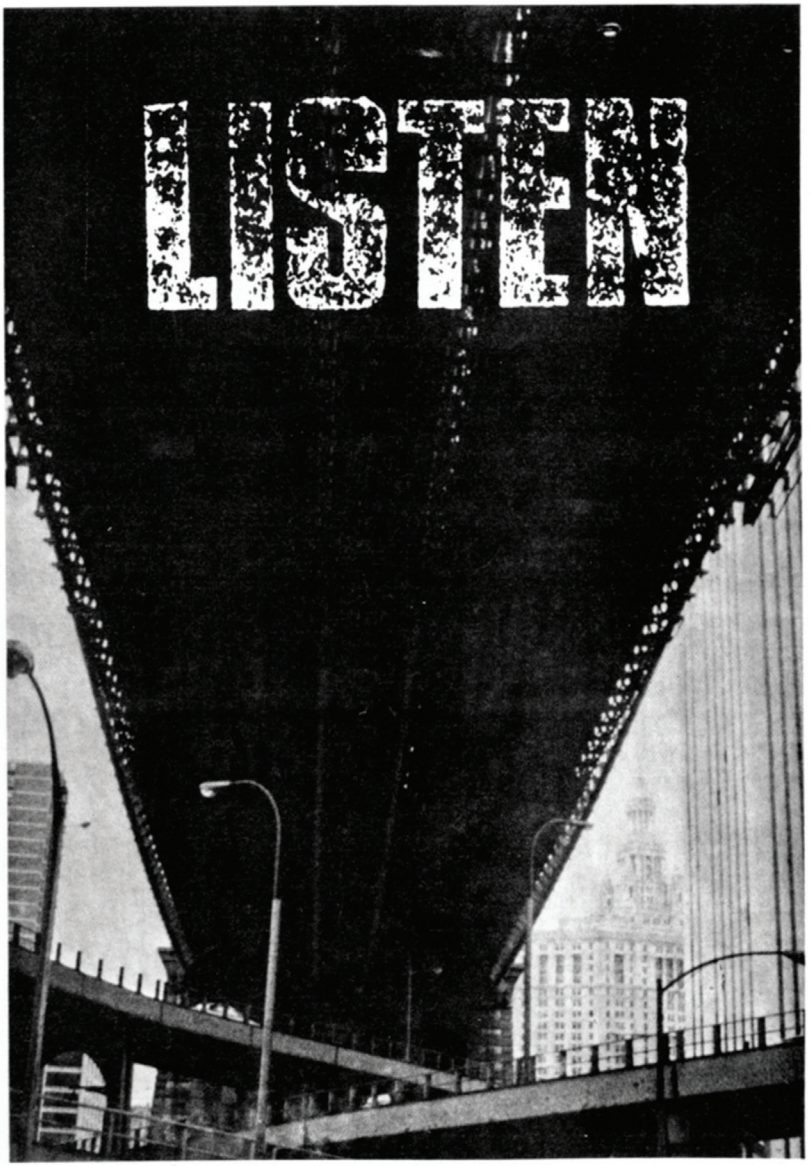
L'installation sonore se conçoit et se diffuse de différentes façons. D'une manière immatérielle, à l'image du son lui même, ou par le biais de supports physiques. La diversité de mise en œuvre de l'installation sonore est vaste, à l'image de l'art qu'elle a décloisonné et des moyens technologiques qui en facilitent l'écriture et la mise en scène.

L'installation sonore sans support peut se décliner en différents scénarios. *Christophe Charles*, avec une installation permanente dans l'atrium central de l'aéroport de Tokyo-Narita propose une diffusion de sons d'ambiances, qui interagissent avec les sons de l'extérieur de l'aéroport. Son travail prend forme d'un mixage en temps réel qui interagit avec les sons extérieurs de l'aéroport, variant suivant les heures de la journée et l'activité du lieu. Christophe Charles mêle un art du paysage sonore avec un arrière gout du travail de Max Neuhaus, considéré comme le père de l'installation sonore.

Avec *Listen*, *Max Neuhaus*, pratiquait les ballades sonores comme des performances artistiques en considérant le paysage sonore comme une installation sublimant la musicalité des lieux. Dans son processus de création, Max Neuhaus savait prendre en considération la physiologie sonore des lieux pour en rendre compte un contexte global, combiné de ses usages sociaux, économiques et écologiques. Il travaillait à la fois dans les musées et dans les espaces urbains, car il avait comme volonté de toucher le maximum de public, qu'il soit ou non initié. Avec l'installation *Time Square* initialement implantée à New York en 1977, Max Neuhaus propose un travail brouillant l'ambiance sonore extérieure. Il choisit le circuit d'aération du métro de Time Square comme lieu de diffusion pour son installation. Cet espace change le son, car la fréquence fondamentale évolue avec l'espace. Son travail ne demande pas à être écouter, mais se prête à l'écoute.

Lien n°18
Max Neuhaus, «Time Square», New York, 2002. Vidéo de l'installation

Un autre moyen d'interroger l'installation sonore sans support et de travailler l'espace avec l'interaction. *Todor Todoroff* lors de l'été 2004 a équipé l'escalier du musée des Beaux Arts de Mons en Belgique, en y installant divers capteurs piézo-électriques avec lesquels ils capte et décompose les sonorités produites par le son des pas et les transforment d'une manière aléatoire. Un moyen d'amplifier et de signifier la présence et le mouvement du visiteur, tout en recomposant l'ambiance sonore de ce lieu de passage.



BROOKLYN BRIDGE-SOUTH STREET for Joe Jones

Max Neuhaus 1976

Max Neuhaus, Listen. Première ballade sonore en 1966.

Max Neuhaus, Projet Gare Montparnasse à Paris. 1974. Projet inabouti.

L'installation sonore se matérialise sous différentes formes. Prenons comme modèle le support qui sera producteur et diffuseur de son, et considéré comme élément de l'installation.
Christina Kubisch, avec son projet *Electrical Walks*, produit des espaces sonores par le biais d'un casque d'écoute qui sonifie les champs électromagnétiques de l'environnement urbain. Les casques équipés de bobines favorisant l'induction électromagnétique, traduisent les champs captés en champs sonores.

Lien n°19
Christina Kubisch,
«Electrical Walks Aix»,
Mobile Audio Fest.
Locus Sonus, 2015

Peter Sinclair, artiste et chercheur à Locus Sonus, propose avec l'installation *Road Music*, un projet de musique générative, dans l'espace d'une voiture, qui se matérialise avec les données provenant de capteurs reliés à un téléphone portable, pour générer de la musique comme le son du voyage. La route devient une partition et le conducteur un musicien. Les bosses, les courbes, les accélérations et le freinage sont détectés alors qu'une caméra analyse la scène visuelle.

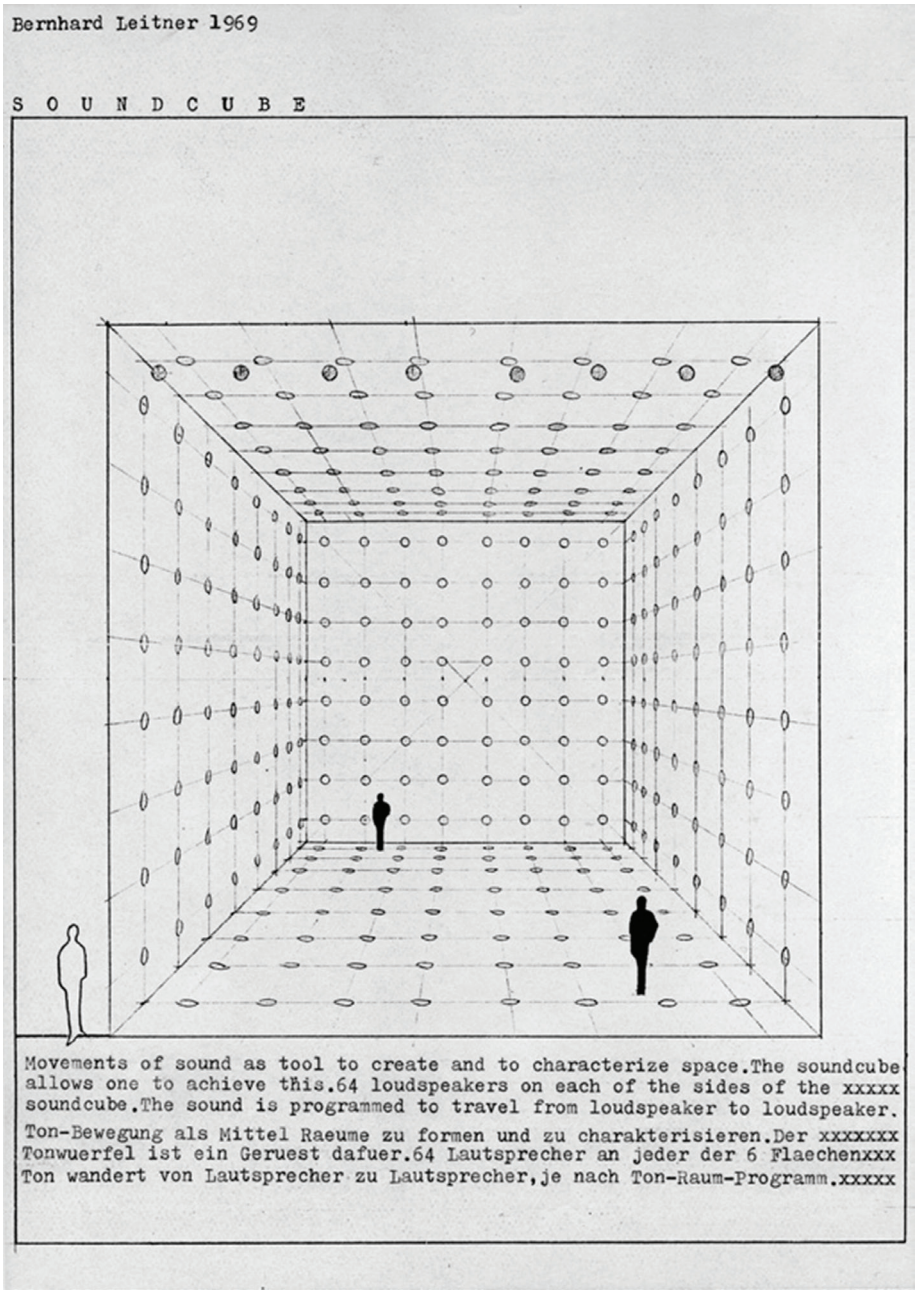
Lien n°20
Peter Sinclair,
«Road Music»,
Mobile Audio Fest.
Locus Sonus, 2015.

L'installation sonore se matérialise avec un support de diffusion considéré comme sculpture. *Bernhard Leitner*, étudie l'espace, le mouvement et les possibilités sonores à l'image de *Soundcube* en 1969. L'installation propose une expérience d'écoute à travers une structure équipée de hauts parleurs qui construit un espace à travers les mouvements du son. Les travaux de Bernhard Leitner proposent un champ privilégié d'élargissement de l'expérimentation sonore et de l'expérience d'écoute.

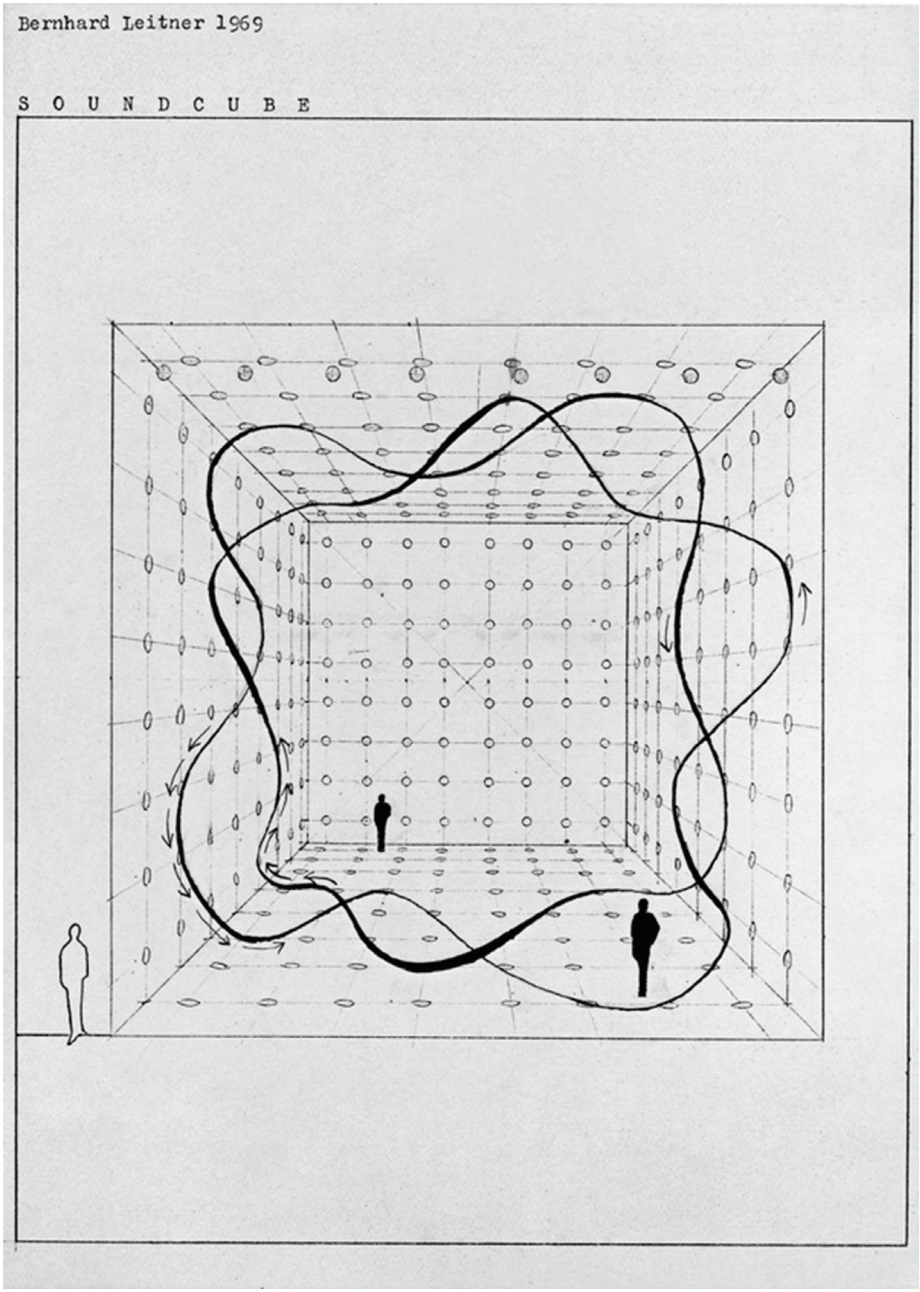
L'installation sonore se matérialise comme support-sculpture producteur de son.
Max Eastley, sculpteur anglais, travaille depuis 35 ans sur des dispositifs d'une belle finesse qui composent avec l'air ou avec l'eau. Il en garde des traces sonores avec lesquelles il en fait des disques rares. L'œuvre *Singhur Hoergalerie*, combine deux éléments, une série d'objets cinétiques à l'intérieur d'un réservoir, et une harpe éolienne attachée à l'extérieur. Le son de la harpe éolienne étant diffusé en temps réel dans le réservoir composé de quatre anneaux concentriques, où les propriétés acoustiques lui confèrent un temps de réverbération de 18s.

Lien n°21
Max Eastley,
« Aeolian Circles ». 2013
Berlin Reservoir,
Singhur Hoergalerie.

La forme de l'installation sonore est complétement libre. Elle expérimente et signifie les espaces sonores en appelant par la force des sonorités à s'adresser directement à nos sens. Par des échos nostalgiques issus d'acoustiques imparfaites, par une musique de sons qui construit des espaces tangibles et immatériels de sonorités désincarnées sorties tout droit de l'imagination de son créateur. Depuis le début du siècle dernier l'art et la musique se particularisent par une sensation d'immersion du spectateur et décloisonnent toutes les frontières pour en proposer un paysage infini de signaux et de processus.



Bernhard Leitner, Soundcube. 1969



Bernhard Leitner, Soundcube. 1969

3.3 Installation et interaction

3.3.1 L'œuvre en situation

La perception de l'œuvre, son expérience par le spectateur et le concept de l'œuvre lui même, sont une double problématique tenue comme essentielle dans l'intérêt de l'usage des techniques de l'image ou du son. Certains artistes du mouvement Minimaliste sont allés jusqu'à vouloir refuser toute production matérielle, ce qui en permettra d'autres modalités de création. La performance ou l'installation vont prendre une place non négligeable à travers ces supports. Elles alimenteront un lien étroit avec le théâtre expérimental, en explorant de nouveaux rapports avec le spectateur.

La création artistique théâtrale aura révélé un fondement critique sur le principe d'existence de l'œuvre elle même. Le théâtre est à la croisée de différentes disciplines mais surtout un art du temps. *Michael Fried*[43] en fera la critique de la participation arrachée au public dans le sens ou celui ci est spectateur d'une « sorte de présence scénique » d'une œuvre dite minimale. Il déplorera un manque d'implication artistique sur un travail d'expérience de l'œuvre pour le public qu'il décrit comme une « expérience de théâtre ».

L'installation permet ce genre de rapport avec le public, ce qui en fait sa qualité essentielle. N'appartenant à aucune autre catégorie artistique existante, l'installation est une « œuvre en situation »[44]

Robert Morris, artiste minimaliste, plaide d'une part pour des sculptures à grandes envergures qui engagent le corps dans l'espace de l'œuvre. D'autre part, il préconise une sculpture avec une forme facilement identifiable, afin de ne pas détourner l'attention du spectateur sur autre chose que sur l'activité perceptive que l'œuvre peut offrir. Il en va d'une idée de l'œuvre comme procédé relationnel. Cette esthétique demande plus de réflexion car nous prenons plus facilement conscience du fait de notre existence au sein du même espace que celui de l'œuvre. Nous pouvons y établir des relations en explorant l'espace de l'œuvre et y entretenir des rapports continuellement renouvelés. L'exploration devient l'expérience idéale pour la perception de l'œuvre, qui se fera nécessairement dans le temps. Pour Robert Morris, l'œuvre doit persuader sur l'instant, sans délais, ainsi présenter une évolution de la perception du spectateur et une progression dans la réalisation du dispositif. L'œuvre est ouverte car elle offre une multitude d'interprétations et de variations, sans jamais s'achever dans le temps.

43. Critique d'art moderne et historien de l'art. Les premières contributions de Fried dans le domaine de l'histoire de l'art touchent le débat lancé au sujet des origines et du développement de l'art moderne.

44. Morris, Robert. « Notes on sculpture ». In Regards, sur l'art américain des années 60, anthologie critique établie par Claude Gintz, Paris, Editions Territoires, 1979

3.3.2 L'interactivité dans l'œuvre

L'interactivité est une forme d'action réciproque, s'établissant entre les agents distincts d'un même système. L'interactivité est inhérente aux rapports humains et aux phénomènes naturels. Elle prendra cependant, une tournure différente lorsqu'elle sera matérialisée artificiellement, car elle doit savoir communiquer avec les utilisateurs qui la pratiquent.
Dans le domaine du numérique, l'interactivité s'est beaucoup développée dans les années 80 grâce aux nouvelles technologies issues du temps réel. Elle est héritière du mode conversationnel, associée à l'essor du cybernétique et réside dans la capacité de la machine à dialoguer avec ses utilisateurs. Le mode conversationnel serait une voie tentant d'établir les bases d'une intelligence artificielle qui permettrait de faire communiquer un être pourvu de pensée avec un ordinateur. L'interactivité pourrait alors supposer une sorte d'assimilation entre les deux entités tendant à faire de la machine un égal de l'homme. Ce concept, un poil fantaisiste, ne prend pas en considération que sans son concepteur, il n'y aurait pas de machine. L'intelligence artificielle restera dans le domaine des modèles algorithmiques, eux aussi, conçus par l'homme. Il est plus opportun de voir l'interactivité comme un processus d'échange entre un concepteur et un dispositif. L'interactivité ne se matérialise plus comme une interrelation abstraite, mais comme un mode d'écriture propre aux dispositifs informationnels ou artistiques, en s'inscrivant sur la triangulation auteur/œuvre/spectateur, comme l'avait conceptualisé Marcel Duchamp, au début du 20e siècle.
L'interaction ne peut se définir sur un rapport de la technologie que dans les modalités d'écritures et d'expression apportée par l'auteur. Le principal enjeu d'un projet interactif étant un travail sur la relation et l'échange.

Un projet interactif est constitué d'éléments physiques et informationnels. L'élément physique nécessite un mode de conception spatial et descriptif, tandis que l'élément informationnel forme la partie immatérielle de la création. L'élément informationnel est généralement constitué d'éléments sonores, visuels ou textuels, sous forme de base de donnée, de programme ou de processus, qui établiront l'aspect comportemental du projet avec l'interaction. Cette dualité définira une écriture hybride d'un projet, en perpétuel dialogue. L'artiste doit fournir un travail créatif, singulier et transversal pour mettre en valeur une résonnance entre la dimension physique et l'immatérialité de l'œuvre.

3.4 Le dispositif : expérimentation et processus

La terminologie du mot dispositif serait un terme décisif dans la stratégie de pensée de Michel Foucault.[45] Philosophe et historien, Michel Foucault fut une figure influente dans les années 60, car ses conceptions ont conduit à une remise en question des institutions et des idéologies des phénomènes sociaux. Ce dernier a commencé à l'employer dans les années 70 quand il commencera à s'interroger sur la « gouvernance des hommes ». Le philosophe n'a jamais donné sa définition précise du dispositif, mais il en a quand même énoncé ses fondements dans un entretien de 1977 :

45. Agamben, Giorgio. « Qu'est ce qu'un dispositif », Rivage poche. 2014

> *“ Ce que j'essaie de repérer sous ce nom c'est (...) un ensemble résolument hétérogène comportant des discours, des institutions, des aménagements architecturaux, des décisions réglementaires, de lois, des mesures administratives, des énoncés scientifiques, des propositions philosophiques, morales, philanthropiques ; bref, du dit, aussi bien que du non-dit, voilà les éléments du dispositif. Le dispositif lui-même, c'est le réseau qu'on peut établir entre ces éléments (...) par dispositif, j'entends une sorte – disons – de formation, qui à un moment historique donné, a eu pour fonction majeure de répondre à une urgence. Le dispositif a donc une fonction stratégique dominante... J'ai dit que le dispositif était de nature essentiellement stratégique, ce qui suppose qu'il s'agit là d'une certaine manipulation de rapports de force, d'une intervention rationnelle et concertée dans ces rapports de force, soit pour les développer dans telle direction, soit pour les utiliser. Le dispositif, donc, est toujours inscrit dans un jeu de pouvoir, mais toujours lié aussi à une ou à des bornes de savoir, qui en naissent, mais, tout autant, le conditionnent. C'est ça le dispositif : des stratégies de rapports de force supportant des types de savoir, et supportés par eux. ”* [46]

46. Michel Foucault, «Dits et écrits», Volume III, p299.

Nous définirons le dispositif comme un système générateur, qui est à la fois machine et machination, et qui vise à produire des effets caractéristiques.
Car ici, le dispositif invite le public dans le processus d'une œuvre. Le créateur propose au spectateur un cadre social avec des actions renouvelables. L'œuvre matérialise un champ de possibilité au delà d'une représentation habituellement rigide et contemplative dans la transmission des contenus artistiques. A la croisée de la sociologie des usages des nouvelles technologies, de la science et de la création, l'artiste scénarise une relation entre le dispositif et les spectateurs.

3.4.1 Donner lieu à l'expérience

La relation dispositif/public aménage un nouvel espace d'usages, grâce à l'introduction de la présence du spectateur dans la représentation de l'œuvre. Cette nouvelle place trouble une distribution des rôles, traditionnellement établie par les médias. Nous ne sommes plus dans une relation émission-transmission, mais dans une pratique qui consiste à laisser place à l'expérience de l'utilisateur. Elle apparait comme une coproduction entre la représentation et les nouvelles formes de réalités que l'œuvre interactive suggère. Les représentations peuvent être diverses, car d'un côté, elles sont autant individuelles que collectives et d'un autre, autant logicielles que matérielles. Une triangulation entre le dispositif, l'interface[47] et l'usage qui conditionne par la force des choses une mise en scène des médias.

Un rituel social se crée grâce à une mise en situation dans un environnement actif, partagé entre une manifestation artistique et le public, à qui l'œuvre propose de nouveaux moyens d'actions. Le dispositif permet une création artistique articulée à un procédé technique pour une mise en œuvre d'art. Le créateur est autant artiste que « sociologue de techniques », permettant une symétrie entre l'écriture et l'action que vont prédisposer les productions médiatiques.
L'action créatrice du compositeur se joue dans un environnement technique. Ce qui induit un renforcement de l'activité d'écriture, du concept à la formalisation d'un programme jusqu'à sa mise en scène. Le compositeur doit créer un équilibre et une tension dans et autour de l'œuvre, qui incluent des modes de participation du public. L'auteur-compositeur, tel un scénographe, établit une relation entre le média, qui établit une mise au point d'une action, et l'implication du public. Ainsi il provoque « une remise en jeu et en situation des médias, par la création de formes à habiter et de relations à expérimenter ». [48] Ainsi se fait la nécessité de sortir le dispositif de l'atelier de création, afin de le confronter à l'expérience esthétique du public, d'en recueillir des retours sur l'expérimentation artistique et d'opérer à certaines évolutions *in vivo*.

47. Une interface est conçue avec un système matériel conjugué à un logiciel afin de permettre l'interactivité. L'interface est la partie perceptible et manipulable par le spectateur qui lui permet des actions avec le programme, afin de mettre en scène des médias interactifs. Ce que j'appelle médias, sont des productions visuelles ou sonores, augmentées ici par l'informatisation du dispositif.

48. Bianchini, Samuel. Fourmentraux, Jean-Paul. « Médias praticables, de l'interactivité à l'œuvre » . Sociétés, n°96, Juin 2007/2, pp. 91-104.

3.4.2 Expérimenter avec le public

A travers un environnement actif et sensible, le public devient un acteur central de l'œuvre. Il ajuste la composition et sa lecture dans une expérience redistribuée entre le dispositif et le média. Ici, l'action devra se rapprocher d'une exécution intuitive et aveugle d'une partition. Le dispositif propose alors un mode de lecture, dans l'idée d'une pratique co-construite ; créée par l'auteur et révélée par le public. Celui ci pourra alors déjouer, rejouer et performer l'œuvre.

La composition reposant sur la prééminence de la manipulation, le travail de création en sera d'autant plus habile et technique afin d'en permettre une lecture expérimentale, tangible et sensible.
L'expérimentation de l'artiste dans la conception d'un dispositif est axée sur la capacité de son œuvre à être « expérimentable »[49] . C'est à dire à engager le public dans une action et le faire participer à l'œuvre. Comme dans tout processus créatif, l'expérimentation ne peut être directe, car elle se déroule toujours en deux temps ; la conception puis le questionnement.
L'intérêt d'un dispositif artistique est de proposer des conditions, permettant son emploi par le public, en public et pour le public. Les modalités de fonctionnement nécessiteront un ajustement sur la conception initiale. La corrélation entre l'œuvre, la réalisation et le spectateur, justifie le travail expérimentation en public. Cependant, créer une expérience avec le public amène beaucoup de problématiques, dans lesquelles le concepteur ne doit pas renoncer à son exigence esthétique. Il doit cependant savoir se dégager et prendre une distance avec son œuvre, au profit de l'expérience du public.

49. Bianchini, Samuel. « De l'expérimental à l'expérimentable » Essai publié in In actu - De l'expérimental d'ans l'art sous la dir. de Elie During, Laurent Jeanpierre, Christophe Kihm, Dork Zabunyan, Ed. Les presses du réel, Dijon, déc. 2009, pp. 285-304.

Il faut alors impliquer graduellement le public dans le processus du dispositif. Car les difficultés apparaissent lorsqu'il y a implication physique du public pour accomplir l'œuvre. Lorsque que le public est en situation d'une œuvre pleinement « expérimentable », l'expérience esthétique devient aussi une expérience pratique, partagée entre l'homme et la machine.
Le dispositif appelle alors à une réflexion sur sa nature même et ses particularités perspectives et sociales, car une distance de contemplation se rompt, ses usages sont questionnés et mis à mal. L'artiste se risque à une instabilité permanente d'un rapport à une œuvre à expérimenter. Cette instabilité reste cependant une qualité à travailler pour le créateur, les plus grosses difficultés étant les mouvements élémentaires de la société face auxquels l'art ne serait battre en retraite.[50]

50. Bianchini, Samuel : Se rejouent ici, sans doute, des rapports entre culture et technique, de l'ordre de ceux que Gilbert Simondon avait déjà analysés . « Il semble, écrit-il, que cette opposition entre l'action et la contemplation, entre l'immuable et le mouvant, doive cesser devant l'introduction de l'opération technique dans la pensée philosophique comme terrain de réflexion et même comme paradigme », dans Gilbert Simondon, Du mode d'existence des objets techniques, Paris, Aubier, 1989 [1958], p. 256.

Il est aussi important que l'œuvre soit adaptable dans l'espace et dans le temps. Dans le temps car chaque expérimentation in vivo donne matière à une nouvelle version ajustée. Dans l'espace car le dispositif doit pouvoir s'adapter aux lieux d'expositions. Céleste Boursier-Mougenot avec son travail sur *From Here to Ear*, en est un exemple autant il a fait varier les versions de son dispositif entre 1999 et 2009. Aussi bien pour être adaptable aux différents lieux d'expositions, que par une nécessité de variantes de cette œuvre au détriment d'une version établie et figée.

La première version présentée au public, est comparable à une version bêta, qui permettra une reconfiguration afin d'ajuster le dispositif tel un retour aux sources. En analogie aux logiciels open source, la pratique est un renouvellement sans fin entre le développement software et l'expérimentation de l'usager. Cette pratique guidée par l'usage et une finalité utilitaire, illustre

un nouveau mode de production, qui remet en question certains antagonismes comme production/consommation ou émission/réception. Nous glissons vers une pratique du faire ou de faire faire et vers un art dont la mise en œuvre d'une réalisation s'opère et s'effectue à l'épreuve du public. Le dispositif disponible et son expérience esthétique, confrontent des questions sur la redistribution des rôles, au sein d'un système technique conditionnant et configurant de plus en plus nos représentations sociales. Cette perspective serait un prétexte à consolider l'art dans la politique et à faire l'expérience d'une esthétique opérationnelle.[51]

Lien n°22 Céleste Boursier Mougenot, From Here To Ear. Trois versions. Galerie Iconoscope de Montpelier, 2009. V.15 au Hangar Bicocca, et V. 13 à la Galerie of Modern Art de Brisbane.

51.Bianchini, Samuel. « De l'expérimental à l'expérimentable » Essai publié in In actu - De l'expérimental d'ans l'art sous la dir. de Elie During, Laurent Jeanpierre, Christophe Kihm, Dork Zabunyan, Ed. Les presses du réel, Dijon, déc. 2009, pp. 285-304.

3.4.3 Le dispositif, théâtre du temps et du mouvement

L'espace ramène au temps et au mouvement, selon la théorie de la relativité restreinte d'Albert Einstein, le temps forme une quatrième dimension. Si le visiteur modifie son mouvement, la distance et le temps de perception changent car il modifie sa relation entre le temps et l'espace. L'équation d'Einstein suppose que la gravitation n'est plus une force s'exerçant à distance, mais comme une propriété géométrique de l'espace temps lui même. La relation entre le temps et l'espace est alors relative à la perception de l'homme.

La mise en scène du dispositif est le jeu du voir/percevoir qui nous renvoie à une expérience du théâtre, à son jeu dramatique et à ses divers rôles. La comparaison permet d'expérimenter le modèle d'un espace mis en scène et de l'œuvre intelligible. La machine électronique permet de confronter deux espaces, l'espace physique où est installé le dispositif et l'espace virtuel que le dispositif énonce et dessine. Ce dernier expérimente avec une relation au temps, en le livrant au jeu de l'immédiat et à ses subtilités. Renouvelant le point de fuite de l'espace en « point de temps », rendant les perspectives limitées à celles que propose l'œuvre.

L'architecture permet des résistances au corps et au temps. Elle les confronte à des espaces, soit restreints, soit trop vastes, et renvoie à des champs de visions obligeant le spectateur à une exploration déterminée. L'espace définit une sphère de référence au lieu de fiction, telle une expérience de théâtre.
Confronter les espaces virtuels aux espaces de références l'oppose aux éléments d'architecture, en faisant du corps du spectateur un moyen d'expérimentation idéal à l'exploration du dispositif. Quelque soit le dispositif, l'architecture joue un rôle essentiel, car elle est l'organisation du visible et en structure les états de perceptions. Comme pour la scénographie d'un espace scénique, chaque dispositif nécessite l'organisation de son espace car elle engage une réelle expérience avec le visuel et le sonore. L'enjeu étant de déclencher différents comportements sur le visiteur pour en susciter des sensations capables de le pousser à divers questionnements.

Les expérimentations artistiques du début du 20e siècle, auront contribué au dégagement d'une tradition jugée trop intellectuelle, en replaçant le rôle du spectateur dans le procédé de construction de l'œuvre. Il y aura une volonté de toucher un plus large public, ce qui confère à l'artiste une mission de concevoir l'œuvre comme règle du jeu. Les art cinétiques et cybernétiques des années 50, marquèrent une libération totale entre les arts plastiques, sonores et performatifs, en initiant une relation tangible entre l'art, la perception du spectateur et les technologies de pointes. Une démarche productive se livrera alors à un travail de critique générale, au delà d'une démarche basée sur le simple principe technologique. A l'image de l'art qu'elle aura contribué à enrichir, la diversité de mise en œuvre de l'installation sonore est plus libre et plus vaste. L'art sera sonore et aura une réelle reconnaissance dans les années 80 en réunissant le musée et l'auditorium. L'installation permet un rapport physique avec le public et l'espace. L'introduction de l'interaction aura pour mission de le persuader sur l'instant. L'interaction présente une évolution de la perception du spectateur et une progression dans la réalisation du dispositif. En s'octroyant un mode d'écriture propre s'inscrivant sur la triangulation auteur/œuvre/spectateur, le dispositif invite le public dans le processus de l'œuvre. Il donne lieu à un nouvel espace d'usages et d'expériences. Ceci signifie que le dispositif impose un renforcement de l'activité d'écriture, du concept à la mise en scène, car il engage le public dans une action et le fait participer à l'œuvre.

Raphaëlle Duquesnoy, *Hommage à Max Neuhaus*. 2016.

Conclusion

De Pierre Schaeffer à John Cage, les écoutes divergent mais se rejoignent. Le son, phénomène totalement invisible, repose sur un stimulus qui engendre une sensation auditive. L'homme semble avoir évolué en forgeant le son de sa voix sur sa capacité à la percevoir. L'oreille est particulièrement sensible à la voix, autant qu'à un éventuel danger imminent. Cette aptitude à détecter les sons et à en traduire des signaux se serait « réorientée », le danger s'amenuisant, vers une activité moins liée à la peur, mais restant très intense émotionnellement. Ceci expliquerait la place particulière que tient la musique dans notre faculté à percevoir. Elle met en émoi et agit directement sur notre cerveau. Pierre Schaeffer supprimera définitivement les frontières de l'écoute en la replaçant dans un univers sonore qui prend la forme d'un continuum et ouvre la perception du son à un terrain ouvert de possibilités et de matières. Pierre Schaeffer nous invite à un travail de description du son et nous pousse à le redéfinir sans cesse. Car, c'est en restaurant les droits de l'auditeur, qui « a déjà » en lui un schéma d'écoute, qu'il y a une ouverture au monde. Dans les années 90, des efforts importants ont été menés afin de repenser les sons, allant de l'anti bruit actif à une évolution, vers une réflexion en terme de qualité sonore. L'écoute s'impose bel et bien comme un enjeu contemporain : elle symbolise une voie qui contribuerait à une amélioration et un raisonnement global sur notre environnement sonore, tout en encourageant la création. Le décor est posé : nous sommes des sujets d'écoutant, condamnés à entendre, dans un milieu en perpétuel renouveau sonore.

Raymond Murray Schafer en décrit une partition musicale, dans laquelle nous sommes intégrés, tel un environnement sonore commun. En étudiant le paysage, R.Murray Schafer a permis d'en établir les bases du design sonore comme un « art de l'orchestration », qui donne lieu à une cartographie perceptive de l'ensemble des sons liés à un sujet et son environnement. D'après l'adage de Michel Chion, « écouter, c'est agir », notre perception du son serait capable de nous mener à une prise de conscience individuelle et collective du monde dans lequel nous vivons.
D'un autre point de vue, l'acoustique architecturale concède à l'espace, la conscience de l'audition comme le sens d'une simple écoute non intellectualisée, qui contribue à un large champ d'expériences et de fonctions. Elle est un moyen par lequel nous percevons les éléments de la vie, nous visualisons la géométrie spatiale, propageons des symboles culturels et sociaux et stimulons des émotions - Emotions que la technologie cherche à reproduire et que la pratique explore et détourne - Car depuis prés d'un siècle, les systèmes de diffusion ont vu un développement technologique fulgurant, pour arriver à une diffusion sonore immersive de plus en plus réaliste: le son en trois dimensions. Plonger le spectateur dans un espace sonore virtuel est maintenant à portée de main. En reste un questionnement, que Karlheinz Stockhausen, posait déjà dans les

années 50, soit une réflexion quant à l'expérience nouvelle des nouveaux médias du point de vue de l'auditoire. L'aspect technique suffit il à l'expérience ? A l'image des nouveaux auditoriums, les réseaux électroniques comme internet auront permis d'officialiser un décloisonnement de l'auditorium à un champ dématérialisé. L'espace d'écoute moderne, quelque soit sa nature, prend la forme d'un dispositif de création, d'expérimentation et d'échange, sur l'espace d'un moment et pour une écoute partagée.

Les expérimentations artistiques du début du 20e siècle, auront contribué au dégagement d'une tradition jugée trop intellectuelle, en replaçant le rôle du spectateur dans le procédé de construction de l'œuvre. Il y aura une volonté de toucher un plus large public, ce qui confère à l'artiste une mission de concevoir l'œuvre comme règle du jeu. Les art cinétiques et cybernétiques des années 50, marquèrent une libération totale entre les arts plastiques, sonores et performatifs, en initiant une relation tangible entre l'art, la perception du spectateur et les technologies de pointes. Une démarche productive se livrera alors à un travail de critique générale, au delà d'une démarche basée sur le simple principe technologique. A l'image de l'art qu'elle aura contribué à enrichir, la diversité de mise en œuvre de l'installation sonore est plus libre et plus vaste. L'art sera sonore et aura une réelle reconnaissance dans les années 80 en réunissant le musée et l'auditorium. L'installation permet un rapport physique avec le public et l'espace. L'introduction de l'interaction aura pour mission de le persuader sur l'instant. L'interaction présente une évolution de la perception du spectateur et une progression dans la réalisation du dispositif. En s'octroyant un mode d'écriture propre s'inscrivant sur la triangulation auteur/œuvre/spectateur, le dispositif invite le public dans le processus de l'œuvre. Il donne lieu à un nouvel espace d'usages et d'expériences. Ceci signifie que le dispositif impose un renforcement de l'activité d'écriture, du concept à la mise en scène, car il engage le public dans une action et le fait participer à l'œuvre.

Dans la triangulaire auteur/œuvre/spectateur, la technologie tient la place de support technique, qui facilite la mise en œuvre et ouvre à de nouvelles possibilités créatives et réceptives. Proposer au spectateur de recentrer son écoute, serait d'abord proposer une réflexion sur les enjeux du dispositif et sur sa mise en scène. Recentrer l'écoute nécessite un concept qui amène le spectateur à se focaliser sur le son, plutôt qu'au support ou à l'espace d'exposition. Recentrer l'écoute c'est savoir en maitriser l'écriture, pour la construire et la déconstruire autant qu'elle doit être adaptable à la perception du spectateur. Le dispositif sonore doit savoir transmettre une émotion et provoquer le mouvement, la participation du public étant un mode de lecture de l'œuvre. La notion d'espace sonore au sein du dispositif est aussi essentielle, car elle propose un point d'écoute, une sphère immersive immatérielle où l'attention doit se focaliser sur le son.

Bibliographie

I. Rapport fusionnel aux sons : Un instinct Sonore

- Foubert, Fabien ; « Cours acoustique », SAE Paris, 2005.
- Chion, Michel ; « Le Son. Traité d'acoulogie ». 2ème Edition. Armand Colin
- Biserna, Elena. Sinclair, Peter ; « Nouvelles Techniques d'Analyse Musicale / Introduction à l'Art Sonore » École Supérieure d'Art Aix en Provence, ESAAix. 2016
- Thibault, Walter ; « Critique des dispositifs culturels et théologiques du son, du silence et du bruit / John Cage, R. Murray Schafer, Zbigniew Karkowski. » Thèse 2012. UNIL Université de Lausanne.
- Bourassa, Lucie ; « La forme du mouvement (sur la notion de rythme). » Article du 1er Janvier 2011. http://rhuthmos.eu/spip.php?article234
- Sinclair, Peter ; « Using Real-Time Data Flux In Art – The Mediation Of A Situation As It Unfolds: RoadMusic – An Experimental Case Study." University of the Arts London for the degree of Doctor of Philosophy. Septembre 2013
- J. Guichet ; « Le rythme, source de vie musicale ». Mémoire 2005, CEFEDEM, Bretagne, Pays de la Loire.
- Lefebvre, Henri ; « Rythmanalysis » 2004, p.7
- Volcler, Juliette ; « Le son comme arme »
- Susini, Patrick ; Cours de« Psychoacoustique », Master Design Sonore 2015.
- M.C Botte, L. Demany, G. Canevet, C. Sorin ; « Psychoacoustique et perception auditive »
- Dumaurier, Elisabeth; «le pouvoir des sons», cahiers recherche n°6, Paris, Observatoire musical Français, 1978. P46
- Mannes, Elena; « L'instinct de la musique », documentaire, 2008.
- Goudey, Alain ; « les sons qui font vendre ». Article, Cerveau et Psycho n°65 octobre 2014.
- Tillmann, Barbara. Chercheur en neurosciences au laboratoire de Lyon ; « La musique universelle, un langage ». Pour la science (magazine 2008) Sons et musique, de l'art à la science. P126
- Bigand, Emmanuel, professeur en psychologie cognitive. « Les émotions musicales » Pour la science (magazine 2008) Sons et musique, de l'art à la science. P135
- Sacks, Olivier, neurologue. « Oliver Sacks : ce que la musique fait à notre cerveau » Article du 31 aout 2015. Le Nouvel Observateur.
- Schaeffer, Pierre ; « Traité des objets musicaux : Essai interdisciplinaire » Paris, Seuil,1977 p 103 à 129, p 261 à 384
- Chion, Michel ; « Le Son. Traité d'acoulogie ». 2ème Edition. Armand Colin p179 à p 202, p 255,
- Cardinal, Serge ; "Les quatre écoutes: écouter, ouïr, entendre, comprendre" Notes sur Pierre Schaeffer. http://www.creationsonore.ca/wp-content/uploads/2015/10/resumes_serge-cardinal_les-quatre-ecoutes.pdf
- Susini, Patrick, Houix, Olivier, Misdariis, Nicolas ; « Sound design: an applied, experimental framework to study the perception of everyday sounds. », The New Soundtrack journal - Special Issue: Perspectives on Sound Design, n° 4, Septembre, 2014
- Rodiguez, William ; « Design sonore et émotion : impact « psycho-somatique » du son quotidien » http://cral.ehess.fr/docannexe/file/1090/william_rodriguez_design_sonore_et_e_motion_impact_psycho_somatique_du_son_quotidien.pdf

- Susini, Patrick ; « cours de perception, partie II. What/How, Qu'entend on lorsqu'on écoute du son? » ESBAM/IRCAM 2015.
- Susini, Patrick ; « Le design sonore : un cadre expérimental et applicatif pour explorer la perception sonore » Habilitation, Université de la Méditerranée – Aix-Marseille II. 2011
- Tardieu, Julien ; De L'ambiance à l'information sonore dans un espace public. Méthodologie et réalisation appli quée aux gares. Thèse de doctorat de l'université Paris 6. 20 décembre 2006.

II. Environnements sonores - Perception et représentation sonore dans l'espace

- SCHAFER, R. Murray, "Le paysage sonore, Le monde comme musique" (1977), 2010, p. 24.
- COUPRIE, Pierre; « Le vocabulaire de l'objet sonore ». Du sonore au musical, L'Harmattan, pp.24
- LATRILLE, Moea ; « L'ENVIRONNEMENT SONORE, DE SA PRISE DE CONSCIENCE À SON APPROPRIA TION » Mémoire de fin d'études, ENS Louis Lumière, 2011.
- Nadrigny, Pauline ; « Paysage sonore et écologie acoustique » article de synthèse d'une communication donnée dans le cadre de la Journée d'étude « There is no such thing as nature! Redéfini tion et devenir de l'idée de nature dans l'art contemporain », Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Centre de recherche HiCSA (31 Mai-1er Juin 2010)
- Krause, Bernie ; « Le Grand Orchestre Animal » Editions Flammarion. 2013
- Ayrault, Christophe ; « Acoustique des salles » Cours Master Design Sonore, 2015.
- De Cheveigné, Alain ; « Espace et son » article issu du colloque espace del'Homme, collège de France, octobre 2003.
- Blauert, Jens ; « La technologie binaurale : bases scientifiques et domaines d'application générique », Journal de physique IV Colloque, 1994.
- Noistering, Markus ; « Sound in space and space in sound »
- Spaces speak, are you listening? : Experiencing aural architecture / by Barry Blesser and Linda-Ruth Salter.
- Baptise, Michel ; « Petit histoire du son au cinéma » : http://www.lasemaineduson.org/petite-histoire-du-son-au-cinema. Site consulté le 11 novembre 2016.
- Brusso D., Girard G., Siago, E., Si Mohammed A. ; « La modélisation numérique et l'étude de la suspension en caoutchouc de la membrane d'un haut parleur. » Université du Maine. Master physique appliquée et modélisation.
- Devillard, Arnaud ; « Quand Pink Floyd inventait le concert en quadriphonie ». Article, Sciences et Avenir du 10 novembre 2014. http://www.sciencesetavenir.fr/decryptage/quand-pink-floyd-inventait-le-concert-en-qua driphonie_37225
- Bonnet, François: « Le GRM : de l'invention du son à la musique » http://www.ina-expert.com/e-dossier-de-l-audiovisuel-le-son-dans-tous-ses-etats/le-grm-de-l-invention-du-son-a-la-musique.html
- Courville, Daniel ; interview «Perspectives Sonores | Ambisonie »http://art-facto.today/ix-2016-ambisonie/
- Guillot, Pierre ; « Documentation de la bibliothèque Hoa : L'ambisonie d'ordre supérieur ». Année : 2012¬ 2013, © Pierre Guillot, CICM, Université Paris 8, Labex Arts H2H.
- Ascani, Argeo, Vos Todd, Svatek Jeff ; « Wave Field Synthesis » Article du 16 octobre 2016. https://easternbloc.ca/fr/laboratoire/ateliers/wave-field-synthesis
- Equipe IRCAM, Espaces Acoustiques et Cognitif ; « Système WFS et ambisonique à l'Espace de projection » http://www.ircam.fr/project/detail/systeme-wfs-et-ambisonique-a-lespace-de-projection/

- Marsac, Sonhors ; « Spatialisation et image : la mise en espace des sons concrets et électroniques » http://son hors.free.fr/panorama/sonhors13.htm
- « Magnetic Tape an Introduction to Tape Music » http://www.ntmusic.org.uk/?page_id=170
- Arnaud, Gilles ; « Le Pavillon Philips : Edgard (Edgar) Varèse / Iannis Xenakis / Le Corbusier | Architecture et poème électronique » http://www.gilles-arnaud-sphere.com/2015/11/29/le-pavillon-philips-1958-edgard-vare se-iannis-xenakis-le-corbusier-architecture-poeme-electronique/
- Joy, Jérôme ; « Locus Sonus, 10 ans d'expérimentation en art sonore ». Edition Le Mot et le Reste 2015

III. Le dispositif comme concept social et vivant

- Mugnier, Patrice. Ho, Kuei Yu ; « Design Interactif ». Editions Eyrolles 2012
- Melizan ; « Espace, mouvement et son dans la sculpture de la seconde moitié du XXe siècle ». http://artsplas tiquesmelizan.jimdo.com/ancrages-historiques-mouvement/
- Godon, Norbert ; « Art cinétique » , Dossiers pédagogiques - Collections du Musée Un mouvement, une période. © Centre Pompidou, Direction des publics, novembre 2010 http://mediation. centrepompidou.fr/education/ressources/ENS-cinetique/ENS-cinetique.html
- Schoffer, Nicolas ; « La première sculpture spatiodynamique et cybernétique ». Documents d'archives. 1956. https://www.olats.org/schoffer/archives/cyspf.htm
- Bianchini, Samuel. Fourmentraux, Jean-Paul. Médias praticables, de l'interactivité à l'œuvre. Sociétés, n°96, Juin 2007/2, pp. 91-104.
- Bianchini, Samuel. « De l'expérimental à l'expérimentable » Essai publié in In actu - De l'expérimental d'ans l'art sous la dir. de Elie During, Laurent Jeanpierre, Christophe Kihm, Dork Zabunyan, Ed. Les presses du réel, Dijon, déc. 2009, pp. 285-304.
- Duguet, Anne-Marie. Dispositifs. In: Communications, 48, 1988. Vidéo, sous la direction de Raymond Bellour et Anne-Marie Duguet. pp. 221-242.
- Hinant,Guy-Marc. « L'Art Sonore » in «L'Art Même» n°22, février 2004, Bruxelles
- Malatray, Gilles ; « Max Neuhaus, un artiste emblématique » https://desartsonnants.wordpress. com/2015/03/14/max-neuhaus-un-artis te-pour-moi-emblematique-une-explication/
- CHO, Yong uk ; « Perception de l'espace par l'installation sonore interactive » Master ENSCI. 2012.
- Frac Centre, « L'objet, l'espace et le spectateur : dispositifs d'interactions ». Fiche Pédagogique.
- Guillaud, Hubert ; « Que se passe t'il quand les artistes pensentla technologie comme des ingénieurs ? ». Article du 5 octobre 2012. http://www.internetactu.net/
- Toop, David. « Sonic Boom, The Art of Sound », Catalogue de l'exposition, 2002.

“The ear hears, the brain listens, the body senses. Vibrations. Listening is a lifetime process”

Pauline Oliveros