

# Peut on donner une forme au son ?

<b>INTRODUCTION</b>	<b>2</b>
<b>LA TRANSMISSION MUSICALE</b>	<b>3</b>
<b>L'AVANCE DE L'ACOUSTIQUE : LES « REPRESENTATIONS SCIENTIFIQUES DES SONS ».</b>	<b>4</b>
QU'EST CE QU'UN SON ? QUELS SONT LES SCIENCES DES SONS ?	4
LE SONAGRAMMES ET LE SPECTROGRAMME : DEUX FORMES DE REPRESENTATION DES SONS ?	6
LE SONAGRAMME	6
LE SPECTROGRAMME	6
LA THEORIE DES OBJETS-SONORES DE P. SCHAEFFER	7
LA THEORIE DE DENIS SMALLEY : LA SPECTROMORPHOLOGIE	9
<b>LE CHAMP DE LA PSYCHOACOUSTIQUE ET DES SCIENCES COGNITIVES</b>	<b>10</b>
REPRESENTATION MENTALE	10
L'ISOMORPHISME PSYCHO-NEURONAL	11
<b>CONCLUSION</b>	<b>12</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>14</b>

## Introduction

L'audition révèle un paradoxe similaire à celui rencontré dans tous les domaines de la perception : rien ne semble plus simple que de percevoir les sons de notre environnement et pourtant il s'agit là d'un phénomène particulièrement récalcitrant à l'analyse scientifique. Quelle difficulté par exemple à reconnaître son nom dans une conversation, à différencier le bruit d'une voiture de celui d'un avion à hélice, à percevoir le rythme d'un rock, à reconnaître la voix de son enfant ou les bruits de pas d'une personne familière ? Il semble suffisant d'ouvrir grand ses oreilles pour cela.

Il va de soit cependant que la quantité d'information et le nombre de procédures qu'il serait nécessaire de donner à un ordinateur pour le rendre capable de distinguer un violon d'une flûte dans une polyphonie, de détecter un signal d'alarme dans le bruit de fond environnant, de repérer une anomalie de moteur à la seule écoute du bruit d'une voiture, de détecter un bruit inhabituel dans les battements de coeur d'un patient etc..

L'etymologie du terme cognitif renvoie à la notion de connaissance. Ce terme a ensuite été utilisé dans un sens plus précis pour désigner les conditions qui permettent l'acquisition et le développement d'une connaissance du monde. Il va sans dire que la perception joue un rôle essentiel à ce niveau : aucune théorie de la connaissance ne serait ainsi complète sans une théorie de son acquisition et donc de la perception. L'étude des aspects cognitifs de l'audition a pour objectif de comprendre comment l'information auditive contribue fondamentalement au développement de la connaissance.

Deux remarques doivent cependant être faites sur ce point. Tout d'abord l'originalité du projet cognitiviste est de présenter une vision intégrée de l'ensemble des processus intellectuels en mettant en évidence la continuité existant entre les aspects les plus élémentaires de ces activités (traitement de l'information sensorielle) et les aspects les plus abstraits (traitement de l'information symbolique). Par conséquent, le projet cognitiviste dépasse la traditionnelle division en fonctions intellectuelles indépendantes. Envisager des aspects cognitifs dans l'audition, c'est vouloir situer les processus de perception auditive à l'intérieur de cette continuité.

La seconde remarque concerne plus directement la nature des processus mentaux impliqués dans la perception auditive. En effet, le postulat de base d'une approche cognitive de l'audition est que l'information sensorielle doit être interprétée pour donner naissance à une perception cohérente. Cette interprétation est nécessaire puisque l'information contenue dans les stimuli qui atteignent les organes sensoriels se révèle souvent incomplète ou ambiguës. Dans ces cas, le système perceptif doit représenter puis comparer des informations qui ne sont plus directement disponibles au niveau sensoriel.

Dans le cadre de cette réflexion nous allons nous intéresser aux formes que peut prendre le son dans les différentes étapes de la perception auditive, dans l'objectif de poser une réflexion comme prémisse à une représentation symbolique ou non de la morphologie d'un son. Nous allons donc nous intéresser dans un premier temps à la transmission de la musique dans l'histoire à travers la transmission orale (par le biais de la notation musicale, qui reste une représentation symbolique d'une mélodie et de son accompagnement). Dans un second temps, il semblerait intéressant de se pencher

sur l'apport des découvertes scientifiques et les représentations physiques des sons et de l'influence que cela aura eu sur le système de notation classique (allant même jusqu'à influencer la composition, dans la musique électroacoustique); et dans cette continuité nous effleurerons les théories de Pierre Schaeffer (les critères typomorphologiques) et Denis Smalley (la spectromorphologie). Enfin nous nous pencherons sur les représentations mentales des sons.

## La transmission musicale

La transmission musicale va servir de base à notre réflexion puisque la notion même de transmission nécessite une représentation au moins primitive de la musique. Il est possible de détudier deux types de transmission la transmission orale et la transmission écrite.

Dans le cadre de la transmission orale les mélodies sont apprises d'oreille, ou par mimétisme des doigts. Ce type de transmission est celle privilégiée par les musiciens autodidactes. Elle suppose d'avoir sur un instrument par exemple une corrélation entre des repères tactiles et/ou visuels et des repères auditifs : un écart de trois touches blanches sur un piano correspond à un intervalle de tierce majeure ainsi les intervalles musicaux peuvent être en lien direct avec le geste musical. Même si ce type de transmission est historiquement le premier à être apparu, il est beaucoup plus complexe à étudier de part sa non formalisation.

Dans le cadre de la transmission écrite, nous allons nous intéresser plus particulièrement à la notation musicale. En musique, on appelle notation le fait de transcrire sur un support — appelé partition de musique — les constituants d'une œuvre musicale, afin de conserver celle-ci, de la diffuser, de l'interpréter de manière différée.

Tout procédé de notation musicale met en relation un système et un code. Le code du système musical occidental s'est développé à la fin du Moyen Âge et est appelé solfège. Il décrit le système en lui associant un certain nombre de symboles plus ou moins contraignants. Les symboles les plus précis sont ceux concernant la durée et la hauteur des sons. Les autres composantes musicales, notamment les nuances — un son doux, un son moyen, un son fort... —, tout aussi importantes du point de vue de l'interprétation musicale, mais qui ne se mesurent pas avec autant de précision que la hauteur ou la durée, ne peuvent se transcrire sur la partition que par des symboles « ouverts », dont l'appréciation reste confiée à l'interprète.

La notation musicale, opère une discrimination au sein des musiciens, entre d'une part le compositeur, d'autre part l'interprète. Pour l'interprétation musicale, la notation possède à la fois cet atout considérable de transmettre la création de l'auteur lui-même — encore que l'acuité des différences de transcription à travers l'édition prouve, s'il était nécessaire, que cette transmission est toujours relative —, et ce penchant fixiste qui défend à l'œuvre d'évoluer, sous peine de trahir la pensée de son auteur. L'écriture de la musique représente une forme — pour ne pas dire la forme — d'abstraction par excellence. Elle fait cependant subir aux formes d'expression de fâcheuses tendances à l'uniformisation vers un standard puisque l'apparition de l'écriture — à l'époque de Josquin des Prés — correspond à l'affirmation de la tonalité et au déclin de la modalité, donc à l'affaiblissement de toute sémantique prosodique. La puissance du symbole

devient confinée par l'interprète à une dimension inhérente à la musique, que ni le compositeur ni le récepteur ne peuvent vraiment contrôler.

D'un point de vue historique, les neumes (première forme de musique écrite) sont constitués d'un ensemble de points ou d'accents, disposés au-dessus du texte à chanter, et destinés à jouer le rôle d'aide-mémoire, afin de permettre aux chanteurs de retrouver les inflexions de la mélodie apprise de manière orale.

La notation évoluera progressivement à partir du XIII<sup>e</sup> siècle, pour poser les neumes sur quatre lignes de portée. Par contre, on ne trouve pas de barre de mesure, et on ne trouve pas la large gamme moderne de figures de notes représentant les durées des notes. Enfin se généralisera la notation solfégique au moyen des figures de note placées sur la portée, et de barres de mesure marquant le cadre rythmique de l'œuvre.

D'un point de vue purement objectif il paraît assez évident qu'une partition de musique n'est pas une représentation précise d'un son. Elle donne une très bonne image de représentation abstraite d'une mélodie et d'un accompagnement, de leurs variations et transpositions : de leur évolution dans le temps. Mais le point important est bien évidemment que cette représentation est avant tout une représentation symbolique basée sur un code puis sur son interprétation.

L'avènement de l'acoustique et de toutes les disciplines scientifiques autour du son (enregistrement, la diffusion et les méthodes de mesures) ont permis d'avancer vers une connaissance plus concrète du son et de la musique en lui attribuant des caractéristiques objectives et des notions fortes telles que celle d'objet sonore

## **L'avancé de l'acoustique : les « représentations scientifiques des sons ».**

### ***Qu'est ce qu'un son ? Quels sont les sciences des sons ?***

D'un point de vue scientifique, le son est une onde produite par la vibration mécanique d'un support fluide ou solide et propagée grâce à l'élasticité du milieu environnant sous forme d'ondes longitudinales. Par extension physiologique, le son désigne la sensation auditive à laquelle cette vibration est susceptible de donner naissance.

La science qui étudie les sons s'appelle l'acoustique. La psychoacoustique combine l'acoustique avec la physiologie et la psychologie, pour déterminer la manière dont les sons sont perçus et interprétés par le cerveau.

La fréquence d'un son est exprimée en Hertz (Hz), elle est directement liée à la hauteur d'un son perçu, mais n'en est qu'une des composantes. À une fréquence faible correspond un son grave, à une fréquence élevée un son aigu. Tout être vivant doté d'une ouïe ne peut percevoir qu'une partie du spectre sonore : les physiologistes s'accordent à dire que l'oreille humaine moyenne ne perçoit les sons que dans une certaine plage de fréquences située environ (selon l'âge, la culture, etc.), entre 20 Hz (en dessous les sons sont qualifiés d'infrasons) et 20 kHz (au-delà les sons sont qualifiés d'ultrasons);

L'amplitude est une autre caractéristique importante d'un son. L'intensité perçue dépend (entre autres) de l'amplitude : le son peut être fort ou doux (les musiciens disent forte ou piano). Dans l'air, l'amplitude correspond aux variations de pression de l'onde.

Le timbre est la caractéristique qui peut identifier un son d'une façon unique. Deux sons peuvent avoir la même fréquence fondamentale et la même intensité; mais ne peuvent jamais avoir le même timbre. L'organologie, sous l'impulsion des facteurs d'instruments, a développé son étude sur des bases purement intuitives, la finesse de nos sens nous permettant de distinguer des différences même minimales entre diverses catégories de sonorités. Les compositeurs ont également fortement contribué à cette étude, l'orchestration ayant développé une base théorique aux polyphonies de timbres. D'autres éléments, physiquement simples à décrire, ne sont qu'intuitivement perçus comme influençant notre perception du timbre, et l'importance de leur rôle au sein du champ de cette reconnaissance est difficile à appréhender. La brillance, les formants, par exemple, mais aussi le vibrato, la texture sonore. Helmholtz dans sa théorie physiologique de la musique, a présenté une théorie s'appuyant sur la mise en évidence des harmoniques d'un son périodique et le calcul de leur intensité au moyen de résonateurs. Il découvrait parallèlement les fréquences de partiels inharmoniques et observait leur importance dans la nature du son. À sa suite, Carl Stumpf, philosophe et psychophysicien allemand, notait dans les années 1930, l'importance des transitoires (portion infime de l'attaque du son), du vibrato, des composantes spectrales (régions formantiques), de la chute dans la dimension du timbre. La portion d'attaque est essentielle à l'identification de l'instrument. Ces transitoires d'attaque sont des phénomènes qui peuvent durer de 20 ms jusqu'à 200, voire 300 ms, selon les instruments, et qui affectent toute modification de la perception du timbre. Ces travaux révélèrent que les caractères proprement musicaux des sons sont inscrits dans la partie stationnaire. Mais on doit surtout aux travaux du LAM (Laboratoire d'Acoustique Musicale de l'université Paris VI), dirigé par Emile Leipp dans les années 70, d'avoir montré que bien des composantes du son (discrètes et continues) ne sont que des composantes psychologiques, psychoacoustiques, qui ne prennent place qu'au niveau cérébral, neuronal de la reconnaissance du timbre. L'étude des modes de jeu de certains interprètes révèle par exemple que la phase stationnaire est continuellement différenciée et varie perpétuellement au cours de l'exécution d'une œuvre. Beaucoup de composantes timbrales sont donc des éléments vivants, dynamiques : même si notre oreille ne peut les reconnaître intuitivement, elle sait le faire inconsciemment.

Comme tous les phénomènes perçus, le temps joue un rôle fondamental pour l'acoustique (et encore plus en musique). Il existe même des relations très étroites entre l'espace et le temps, vu que le son est une onde qui se propage dans l'espace au cours du temps.

On distingue trois grandes classes de signaux acoustiques :

- \* périodiques, dont la forme se répète à l'identique dans le temps ;
- \* aléatoires, qui n'ont pas de caractéristiques périodiques. Dans ce qui suit, et d'une manière générale, on ne s'intéresse qu'à un ensemble restreint de ces signaux ; ceux qui ont des caractéristiques statistiques stables dans le temps. On les appelle signaux aléatoires ergodiques. Concrètement, c'est le cas des bruits « blanc ou rose » utilisés par les scientifiques et certains artistes ;
- \* impulsions : qui ne se répètent pas dans le temps et ont une forme déterminée.

Tous les signaux peuvent être définis et analysés indifféremment dans l'espace temporel ou dans l'espace fréquentiel. Dans ce dernier, on aura souvent recours à l'utilisation du spectre du signal, calculé depuis sa définition fréquentielle (dite du domaine de Fourier). Le spectre d'un signal représente les différentes « notes » ou sons purs que contient un son, appelés partiels. Dans le cas d'un signal périodique stable comme une sirène, le spectre n'évolue pas au cours du temps et présente une seule valeur appelée « raie ». Il est en effet possible de considérer tout son comme la combinaison d'un ensemble de « sons purs » qui sont des sinusoïdes.

## ***Le sonagrammes et le spectrogramme : deux formes de représentation des sons ?***

### **Le sonagramme**

Les premiers travaux de Joseph Fourier sur la décomposition d'une fonction périodique en une somme de fonctions sinusoïdales simples avaient laissé penser que la solution du problème devait se trouver dans l'analyse harmonique du son.

Les appareils d'analyse de son de plus en plus perfectionnés sont venus infirmer ces hypothèses. Le sonographe, dont la découverte remonte aux années 1940 dans les Bell Laboratories, a permis d'explorer plus avant la décomposition du son en partiels et en harmoniques. La seule courbe d'enveloppe, qui exprime l'amplitude en fonction du temps, est apparue comme inadéquate à la description des caractéristiques du timbre.

Seul le sonographe, appareil de représentation graphique de la totalité des dimensions du phénomène (temps - fréquence - amplitude) a permis de suivre un spectre évolutif, dont chaque composante a une intensité relative qui évolue avec le temps.

Les analyses sonographiques sont particulièrement intéressantes pour les scientifiques et les artistes elle représente une sorte d'empreinte temporelle d'un son. Certains artistes comme notamment Gérard Grisey ont utilisé la représentation sonographique dans leur composition. Ainsi dans son œuvre partiels, il nous propose de plonger dans la représentation sonographique d'un son : le temps est alors distendu, la note fondamentale est répétée comme si elle était bouclée et à chaque répétition de cette attaque fondamentale s'ajoutent les harmoniques entrant dans l'ordre de leur apparition chaque harmonique ayant des propriétés timbrales différentes.

### **Le spectrogramme**

Le spectrogramme est un diagramme associant à chaque instant  $t$  d'un signal, son spectre de fréquence. Les spectrogrammes sont utilisés pour identifier des sons, comme des cris d'animaux et des sons d'instruments musicaux. Ils sont largement utilisés dans le domaine de la reconnaissance de la parole.

Dans son format le plus courant, l'axe horizontal représente le temps et l'axe vertical la fréquence. Chaque point à l'intérieur du graphique est doté d'une certaine intensité qui indique l'amplitude (souvent en décibels) d'une fréquence particulière à un temps donné.

À partir de ces analyses, la synthèse sonore a procédé par décomposition-recomposition pour élaborer ses modèles, et a ainsi permis de franchir un pas

supplémentaire dans la compréhension des mécanismes de la reconnaissance du timbre. Initiée pour l'analyse-synthèse des sons cuivrés par Jean-Claude Risset (entre 1964 et 1969), l'étude des composantes spectrales du timbre des instruments fut reprise par James Andrew Moorer et John Michael Grey qui mirent en exergue un spectre à trois dimensions (fréquence, intensité, temps), ainsi que par Dexter Morrill dans une remarquable étude de la trompette : ces analyses ont permis de mettre en valeur l'évolution temporelle du spectre, et révélé l'importance de l'attaque et de l'enveloppe dynamique.

Elles démontrent l'émergence progressive de certains harmoniques (de rang élevé) plus forts dans la partie stationnaire que dans l'attaque et la décroissance. Le concept d'espace de timbres introduit (en 1975) par J. M. Grey a ouvert la voie à la notion controversée de matériau musical, en le situant dans une représentation multidimensionnelle. Ainsi, le passage à des représentations à  $n$  ( $>2$ ) dimensions est particulièrement significatif de la prise de possession des paradigmes mathématiques pour la représentation du timbre.

Nous avons donc tout à fait besoin d'une vision neuve pour évaluer ce champ conceptuel de timbre. Juger un timbre revient à comparer deux matrices d'information. Du coup, les recherches qui visent à faire du timbre un élément de construction révèlent une difficulté essentielle et provoquent une réflexion sur la fonction formelle d'un paramètre mal connu.

Petit à petit l'intégration de certaines données scientifiques permet à de nouveaux paramètres de la vibration sonore de prendre place dans notre connaissance de la formation du timbre et dans celle plus créatrice du domaine d'influence de la fonction timbrale. Il en est ainsi, comme nous l'avons dit, des transitoires, de l'attaque, du vibrato, des composantes spectrales (régions formantiques), de la chute ... Mais si un classement par formes (formes d'ondes, d'attaques, d'enveloppe, de spectre) suffirait à l'établissement d'une typologie du sonore, il n'est pas sûr qu'un tel classement puisse s'effectuer au niveau musical, tant ce niveau se situe dans une autre hiérarchie. En fait, bien des composantes du son (discrètes et continues) ne sont que des composantes psychologiques, qui ne prennent place qu'au niveau cérébral, neuronal, et les données auxquelles elles se rattachent dans la musique sont fondées sur une base plus esthétique que rationnelle.

L'explication physique des sons pourraient ainsi paraître complète et claire, mais voyons alors comment ces découvertes et nouveaux appareils de mesures ont pu amener de nouvelles problématiques autant en termes de compréhension du fonctionnement de notre système auditif qu'en termes de composition.

### ***La théorie des Objets-sonores de P. Schaeffer***

En 1948, Pierre Schaeffer réalise par hasard les expériences du sillon fermé et de la cloche coupée. Mais le plus intéressant est de comprendre que la naissance de la musique concrète n'est pas contenue dans ces deux expériences mais dans l'interrogation qu'elles ont suscitées chez le chercheur :

- 1) le sillon fermé : en bouclant un son sur lui-même Pierre Schaeffer isole le son de ce qui était avant lui et de ce qui le suivra. Il devient un objet décontextualisé et utilisable avec d'autres sons prélevés dans des contextes totalement différents ;

2) la cloche coupée : en enlevant, par inadvertance, l'attaque d'un son de cloche lors de son enregistrement, Pierre Schaeffer réalise que son savoir sur les lois de l'acoustique issues de ses maîtres s'écroule. En effet ce son de cloche devient, sans son attaque, un son de hautbois ! Manifestement, le timbre n'est pas seulement déterminé par l'étagement des harmoniques sur une fondamentale.

Pierre Schaeffer a eu le génie de réfléchir à ce que ces erreurs pouvaient avoir comme conséquences sur sa conception du monde sonore. Il est probablement impossible que d'autres n'est pas déjà fait ces deux expériences. Pourtant il fut le seul à décider de s'investir dans deux aventures intimement liées : la musique concrète et une nouvelle orientation pour la recherche musicale. Le milieu musical des années 1950 était alors dominé par la musique néo-sérielle.

Le 15 mai 1948, Pierre Schaeffer décide de nommer ce nouvel art sonore qu'il expérimente : musique concrète. Le terme de concret s'oppose à celui d'abstrait détenu par les compositeurs de musique instrumentale. En effet, tandis que les compositeurs instrumentaux partent d'une idée abstraite (concept) pour la réaliser concrètement ("sonorement"), les compositeurs concrets partent eux du concret sonore (les sons) pour élaborer une structure musicale (abstraite). Le schéma est donc inversé. Le préalable est d'un côté, abstrait, et de l'autre, concret.

Musique concrète désigne donc une démarche compositionnelle et en aucun cas (du moins au début) une volonté de n'utiliser que les sons enregistrés que l'on appelle souvent son concret, l'électronique aura aussi sa place dans le Studio d'Essai.

Pour Pierre Schaeffer, la découverte d'un nouveau mode de création sonore ne peut être détachée d'une ré-évaluation du phénomène perceptif. Il réfléchira dès 1948 à une redéfinition de la notion d'écoute en fonction des expériences musicales qui l'amèneront à composer les premières œuvres de musique concrète (Le premier journal de la musique concrète le montre clairement). Pourtant les aléas de sa carrière d'administrateur le conduiront à ne véritablement commencer la recherche musicale au sein G.R.M. (Groupe de recherche Musicale) qu'à partir de 1958.

Afin d'étudier ces nouveaux phénomènes sonores, il convient de les isoler et de tenter de les décrire de la façon la plus objective possible. L'isolement des sons, les compositeurs du studio savent le faire : les tournes disques, puis les magnétophones permettent de le réaliser facilement. La description objective, Edmund Husserl la propose avec la réduction phénoménologique. Pierre Schaeffer s'inspire fortement des recherches d'Husserl pour mettre entre parenthèses son savoir sur tel son afin de découvrir, dans sa perception, ce qui ne relève pas de son interprétation ou de son imagination. Ainsi, née l'écoute réduite qui se concentre sur les qualités internes du son. Le son n'est plus un objet interprété, il devient un objet externe qui possède sa propre réalité spatio-temporelle. Il est présent, il est là, en dehors de nous ; à nous de savoir le percevoir comme tel. Toutefois, ceci ne veut pas dire qu'il faut abandonner les autres façons d'écouter.

Ecouter c'est rechercher dans les indices du son sa provenance possible (la causalité) ; ouïr c'est écouter le son sans se poser de question ; entendre c'est pratiquer l'écoute réduite ; comprendre c'est percevoir la signification des sons (langage ou musique). Ces quatre écoutes sont présentes chez le chercheur mais celui-ci laisse une ou plusieurs attitudes prédominer les autres.

L'objet d'observation de l'écoute réduite n'est plus le son tel qu'on le connaissait auparavant, il convient donc de l'en différencier. Pierre Schaeffer le nommera objet sonore. Ce dernier deviendra le centre de la recherche musicale et de la constitution

d'un solfège de l'objet sonore. Le chercheur commence par classer les objets sonores principalement en fonction de leur spectre et de leur évolution temporelle dans une typologie. Puis il analyse plus en profondeur l'objet sonore en le décrivant : Pierre Schaeffer donne, dans le *Traité des objets musicaux*, 7 critères de valeurs :

- 1) la masse : organisation du son dans la dimension spectrale ;
- 2) la dynamique : description de l'intensité des différentes composantes du son ;
- 3) le timbre harmonique : qualités particulières et "couleur" du son ;
- 4) le profil mélodique : évolution temporelle du spectre global du son ;
- 5) le profil de masse : évolution temporelle des composantes spectrales internes du son ;
- 6) le grain : analyse des irrégularités de surface du son ;
- 7) l'allure : analyse des vibratos (de hauteur et de dynamique) du son.

Ces critères contiennent chacun un certain nombre d'éléments répartis en types, classes, genres et espèces et formant une cinquantaines de points de description morphologique.

### ***La théorie de Denis Smalley : la spectromorphologie***

Denis Smalley a développé les concepts et la terminologie de la spectromorphologie à titre d'outils pour décrire et analyser l'expérience auditive. Les deux parties du mot renvoyant à l'interaction entre les spectres sonores (spectro) et les façons dont ils changent et se configurent à travers le temps (morphologie). La spectro- ne peut exister sans la -morphologie et vice versa : quelque chose doit recevoir une forme, et cette forme doit avoir un contenu sonore. Bien que le contenu spectral et la forme temporelle soient indissolublement liés, nous avons conceptuellement besoin de les séparer dans le discours : nous ne pouvons pas du même souffle décrire ce qui est formé et les formes elles-mêmes. Le vocable peut sembler du jargon et c'est peut-être une expression maladroite, mais je ne suis pas arrivé à trouver un autre mot pour résumer de façon aussi précise l'interaction des composantes en présence. Chaque composante du terme appartient à d'autres disciplines (visuelle, linguistique, biologique, géologique), mais convient tout à fait puisque l'expérience musicale irradie à travers ces disciplines. Il reste que la combinaison est unique : en musique, on a souvent besoin de mots nouveaux pour définir certains phénomènes sonores spécifiques.

Une approche spectromorphologique présente les modèles et les processus spectraux et morphologiques, et fournit un cadre permettant de comprendre les relations et les comportements structuraux perçus dans le flux temporel de la musique.

La spectromorphologie s'occupe de la perception et de la pensée des énergies et des formes spectrales dans l'espace, de leur comportement, de leur mouvement et de leurs processus de croissance ainsi que de leurs fonctions relatives dans le contexte musical. Même si les détails de la description spectromorphologique peuvent être difficiles à suivre, en particulier lorsqu'on ne possède pas une grande expérience du répertoire de la musique électroacoustique, il est loin de s'agir d'une activité ésotérique. La pensée spectromorphologique est fondamentale et, en principe, aisément compréhensible dans la mesure où elle est basée sur l'expérience des phénomènes sonores et non sonores qui ont lieu à l'extérieur de la musique, un savoir que tout le monde possède. Il s'agit d'une relation forte entre l'extrinsèque et l'intrinsèque. La spectromorphologie possède en ce sens un fondement naturel et dérive d'une base commune et partagée qui fournit

un cadre de référence aux œuvres individuelles et culturelles de la musique électroacoustique. Il importe, pour la communication entre le compositeur et l'auditeur, de découvrir et de définir ce lien naturel : les nouveaux « langages » musicaux (si une telle chose est effectivement possible) ou les modifications importantes de langage ne se créent pas dans un vacuum, mais doivent plutôt partager un fondement naturel et culturel s'ils veulent avoir du sens pour les auditeurs. On n'a pas à fournir à l'avance la logique ni la théorie relatives aux changements de langage, mais on doit pouvoir finir par expliquer le fonctionnement de tout « nouveau » langage. Il est ainsi possible, non seulement d'expliquer comment et pourquoi la musique électroacoustique est ce qu'elle est, mais également de nous donner les moyens d'articuler nos problèmes lorsque nous réagissons mal à une œuvre particulière (et il y a plein d'œuvres électroacoustiques qui sont ingrates). Tout ceci est de la plus grande importance dans le cas d'une musique qui se trouve très étroitement liée à un moyen de production — les ordinateurs et la technologie — dont le rôle demeure mystérieux et inaccessible pour la plupart des auditeurs, d'autant plus que les gestes instrumentaux et vocaux traditionnels y sont souvent absents ou, en tout cas, peu apparents au départ. La spectromorphologie donc, en prenant pour point de départ le décodage de la perception, tente de rendre collectivement significatives un grand nombre de musiques électroacoustiques individuelles créées depuis la naissance de ce médium dans les années 1950.

## **Le champ de la Psychoacoustique et des Sciences Cognitives**

### ***Représentation mentale***

La représentation mentale est une représentation que l'on se fait, par la pensée, d'une image, d'un son ou d'une situation. Une représentation mentale peut être de l'ordre du réel ou du fictif.

Une représentation mentale ou représentation cognitive est l'image qu'un individu se fait d'une situation. Elle est au confluent des sensations et de la mémoire. Dans une situation donnée, les sensations vont susciter l'activation d'informations contenues en mémoire ce qui provoquera les réactions du sujet. Comme toute activité humaine est organisée en vue d'une fin, la notion de représentation est proche de celle d'état mental, et donc du concept d'intentionnalité. Du point de vue du matérialisme identité, une représentation sera un état du système nerveux, ayant des relations avec des objets - états de l'organisme ou environnement.

Les représentations sont variées : images, mémoire, concepts, émotions... On peut distinguer plusieurs représentations :

- \* image mentale, reconstitution de la forme physique d'un objet
- \* mémoire sémantique
- \* concepts et catégories

Il est également possible de distinguer représentations du monde et représentations de soi. La psychologie cognitive considère que toutes les représentations ne sont pas conscientes (bien que ce point diffère de la notion d'inconscient en psychanalyse). Les représentations mentales ont des relations avec la représentation sociale, pour ce qui

touche à l'imaginaire collectif, l'organisation sociale, et la construction de systèmes symboliques.

Dans le cas de l'audition, puisque les événements sonores se succèdent dans le temps : l'élaboration d'une représentation mentale s'avère indispensable pour percevoir leur structure, c'est à dire pour établir des relations entre des événements séparés par plusieurs minutes ou même plusieurs heures.

Lorsque l'information immédiatement disponible au niveau sensoriel se révèle insuffisante, le système perceptif analyse la situation en considérant la connaissance acquise sur le monde sonore.

Les connaissances interagissent avec les données sensorielles actuelles dans l'interprétation des stimulations auditives. (Imaginez vous un instant en pleine forêt amazonienne : vous entendriez exactement les mêmes bruits que le guide qui vous accompagne mais, étant donné votre manque de connaissance du milieu, vous seriez incapable d'extraire du fond sonore les sons correspondant aux cris de l'iguane, aux singes macaques, aux chants des ouistitis ou aux bruissements des arbres tropicaux. De ce fait, vous seriez dans l'incapacité d'attribuer une signification à l'ensemble de la structure sonore, ce qui pourrait être important pour votre survie dans l'environnement. De la même façon, les oreilles d'or de la marine française qui ont été entraînée à la détection de sonar, parviennent à percevoir et à identifier des sources sonores comme des baleines, des bancs de poissons, les courants océaniques. là où la plupart d'entre nous n'entendrait qu'un ensemble indifférencié de bruits sous marins. Ils réussissent même à distinguer les bruits de bateaux de commerce et de bateaux militaires, des bruits de sous marins en surface ou en plongée, propulsés par un moteur nucléaire ou un moteur diesel, voire même jusqu' à la nationalité russe, américaine ou française du sous-marin . Dans les cas les plus dramatiques, l'incapacité à différencier les sources sonores et à identifier leur origine peut aboutir à ne pas déduire de ces signaux la présence d'un danger imminent : la présence d'un jaguar dans le premier exemple ou celle d'un sous-marin clandestin par exemple.

La question est donc maintenant de comprendre comment ces représentations mentales peuvent-elles se retrouver au niveau neuronal et donc essayer de tenter de comprendre quelles formes elles pourraient prendre.

### ***L 'Isomorphisme psycho-neuronal***

En philosophie, une bonne présentation pragmatique de la notion d'isomorphisme est donnée par Wittgenstein. « Le disque de phonographe, la pensée musicale, la notation musicale, les ondes sonores sont tous, les uns par rapport aux autres, dans la même relation représentative interne que le monde et la langue. À tous est commune la structure logique... Qu'il y ait une règle générale grâce à laquelle le musicien peut extraire la symphonie de la partition, et grâce à laquelle on peut extraire la symphonie des sillons du disque, et derechef, selon la première règle, retrouver la partition, c'est en cela que repose la similitude interne de ces figurations apparemment si différentes. Et cette règle est la loi de projection qui projette la symphonie dans la langue de la notation musicale. C'est la règle de traduction de la langue de la notation musicale dans la langue du disque » . On pourrait même ajouter que les représentations des ondes de pression d'air – entre autres – qui sont monnaie courante en informatique musicale sont aussi des formes de projection isomorphes du son qui y est représenté.

Le paradigme proposé par Leman & Carreras est basé sur l'hypothèse qu'il y a une

similarité (isomorphique) entre les activations du réseau de neurones du modèle de l'ordinateur et les représentations neuronales auditives dans notre cortex. Selon cette théorie, quelque part, dans notre cortex auditif, il y doit avoir une aire où les neurones ont une réponse d'activation avec une représentation topographique du cercle des quintes pour la perception des musiques tonales. .

Les résultats des simulations (reconnaissance par le réseau du ton de morceau joué) ont été comparés avec des tests basés sur des études comportementales appliquées à des sujets humains musiciens (experts et débutants) et non musiciens. Les résultats finaux, bien proches des résultats des sujets humains, ont bien confirmé l'hypothèse originelle des auteurs. Plus encore, ces résultats ont leur incité à développer une autre hypothèse basé sur l'isomorphisme psychoneural. Celle-ci « prédit » que les états des réponses neuronales d'un schéma tonal ont une organisation topographique in termes de cercle des quintes et que cela est la structure de réponse que se trouve aussi dans les études comportementales des humains.

Cependant, il ne faut pas oublier, notre recherche a pour but aussi la relation entre la perception des objets sonores, l'informatique et, évidemment, la musique. Or, à la différence de Pierre Schaeffer, nous croyions que, avec la numérisation, tous les sons sont devenus passibles d'objectivation. Objectivation dans le sens d'une corrélation qui se donne à la construction par – et avec – une écoute privilégiée, orientée et, pourquoi pas, réduite. Plus encore, tous les objets sonores sont porteurs, en puissance, de formes musicales, voire d'objets musicaux. Ainsi, la perception musicale, dans le contexte musical contemporain, ne se distingue guère de la perception des objets sonores et leurs articulations à plusieurs niveaux multi-échelles.

## Conclusion

Dans le cadre, du sujet posé il paraît clair que les sons ont une forme une forme physique, une forme symbolique et qui plus est une forme qui va évoluer selon le contexte, ainsi que la mémorisation et la sémantisation de ces informations. Le sujet est évidemment beaucoup plus large et complexe que cette infime partie qu'on a abordée dans ce texte. Mais l'interrogation qui émerge ici est la suivante : dans quelle direction pouvons-nous bien mener nos recherches sur la modélisation informatique de la perception auditive et musicale ? Question sine qua non pour le développement de l'intelligence artificielle. Certains aspects ici effleurés sont visiblement encore ignorés – ou peut-être regardés avec une certaine négligence – par certaines approches. Notamment les approches purement computationnels (symboliques) dans la modélisation des traitements du langage. Ces approches, dans l'idée de combler l'écart entre la nécessité d'un niveau sémantique (représentationnel) et la contrainte exigeant que ce niveau soit, après tout, physique, introduisent les symboles à la fois pourvus de signification et physiques. Mais comment, dans cette stratégie, les symboles acquièrent-ils leur signification dans un apprentissage perceptuel ? Sans les contraintes de la programmation de l'ordinateur et la prédéfinition de l'ensemble des stimuli, les symboles n'acquièrent pas de signification. Or, la modélisation mixte et à plusieurs niveaux peut, comme on a essayé de démontrer, combler ce déficit. Les recherches de Leman, Carreras et Mattusch ont déjà produit des résultats que nous permettent d'affirmer que la modélisation informatique de la perception auditive et musicale doit se faire dans ce sens.

Dans de futures recherches, il pourrait donc paraître intéressant de développer des modèles informatiques simulant un apprentissage perceptuel des configurations et catégorisations morphologiques des objets sonores. Ces catégorisations sont basées sur les classifications typo- morphologiques proposées par Pierre Schaeffer. Car il semblerait que seulement une approche dans ce sens pourra s'occuper de la perception auditive de façon plus large et générale, en tenant compte pas seulement de la musique tonale mais aussi de la musique contemporaine, de la perception du langage et de la perception des scènes auditives environnantes. Ces essais seront, bien évidemment, interpolés avec nos futures investigations philosophiques sur la perception auditive et musicale.

## Bibliographie

- Bregman, A. Auditory scene analysis : The perceptual organization of sound. The MIT Press, Cambridge, MA, 1990.
- Grisey, G. "Espaces acoustiques : Partiels" (1975)
- Helmholtz, H. L. "Die Lehre der Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik (1863)", Théorie physiologique de la musique, Paris, Masson, 1868, reprint Sceaux, J. Gabay, 1990, 544 p.
- Husserl, E. Idées directrices pour une phénoménologie. Gallimard, Paris, et Tel n° 94, 1950
- Leipp, E. "La machine à écouter : Essai de psychoacoustique", Dunod (1977)
- Leman, M. & Carreras, F. « Schema and Gestalt : Testing the Hypothesis of Psychoneural Isomorphism by Computer Simulation », Music, Gestalt, and Computing, Springer-Verlag, Berlin, 1997.
- Mathews, M. "Analyse des Chants de la mer de Dexter Morrill", publiée dans les Actes II de l'Académie de Bourges (Editions Mnemosyne, IMEB, Bourges, 1996, pp. 148-154)
- Mattusch, U., « Emulating Gestalt Mechanisms by Combining Symbolic and Subsymbolic Information Processing Procedures », Music, Gestalt, and Computing, Springer-Verlag, Berlin, 1997.
- Risset, J. C. "Hauteur et timbre des sons" , Rapport IRCAM, 11/1978, Paris, IRCAM Centre Georges Pompidou, 1978, 19 p.
- Schaeffer, P. Traité des objets musicaux. Seuil, Paris, 1966.
- Smalley, D. "La spectromorphologie : une explication des formes du son", 1999 : Ars Sonora, No. 8. Paris : Ars Sonora/CDMC : 63-114.
- Wittgenstein, L. Recherches Philosophiques. Ed. Gallimard, Paris, 2004.