

A la conquête de l'espace

Bertrand MERLIER

Compositeur, enseignant & chercheur en informatique musicale

THELEME CONTEMPORAIN

&

Université Lyon 2

Grises 26740 SAVASSE

dépt. Musicologie

Tél. & Fax 04 75 46 03 49

Bertrand.Merlier@univ-lyon2.fr

Résumé :

Hauteur, intensité, durée et timbre sont les quatre paramètres habituellement attribués au son. Les compositeurs sont de plus en plus nombreux à s'intéresser à un cinquième paramètre du son : l'espace. Quelques tentatives d'écriture musicale incluant l'espace ont eu lieu entre la renaissance et Berlioz. Mais, c'est notre siècle des technologies qui permet enfin de voir apparaître les premiers outils de maîtrise de l'espace.

Le vocabulaire est encore très flou, les pratiques sont diverses et encore balbutiantes : nous sommes en pleine expérimentation. Il n'est donc pas inutile de rappeler brièvement l'état des connaissances actuelles en acoustique, ainsi que les mécanismes de perception de l'espace.

La suite de l'exposé présentera diverses tendances de pratique de l'espace, à travers plusieurs exemples commentés : depuis la spatialisation des œuvres acousmatiques, jusqu'aux premières tentatives de jeu instrumental avec l'espace, en passant par la création d'espaces sonores interactifs. Des réalisations personnelles seront notamment présentées :

- *Albédo, aide à l'interprétation de la musique électroacoustique,*

- *Uni-Verre-Son, environnement visuel et sonore interactif (FAUST d'argent 1994),*

- *"Les couleurs du vent" pour saxophone et dispositif électroacoustique, où la spatialisation est gérée en direct sur scène à l'aide d'un gant muni de capteurs (musique et conception technique : β. MERLIER)*

Ces productions artistiques sont réalisées à partir de matériel grand public et avec un budget modeste. Elles soulèvent un certain nombre de questions et proposent, à leur manière, des solutions.

o o o o o

Nous fêtons cette année le cinquantenaire de la musique concrète. La fixation du son a permis de révéler le timbre : un univers totalement nouveau et inouï qui est mis à profit dans tous les domaines de la composition en cette fin de siècle : de la musique acousmatique à la musique spectrale, jusqu'aux sons échantillonnés de Deep Forest.

Un effet secondaire des découvertes de Pierre SCHAEFFER commence à apparaître de façon de plus en plus insistante : la fixation du son permet aussi de fixer l'espace dans lequel ce son a été enregistré. De la fixation de l'espace à la manipulation de l'espace, il n'y a qu'un pas à franchir.

Les compositeurs sont de plus en plus nombreux à s'intéresser au cinquième paramètre du son : l'espace. Mais le travail de l'espace n'est pas facile : le vocabulaire est encore très flou, les pratiques sont diverses et encore balbutiantes, fort peu de choses sont formalisées : nous sommes en pleine expérimentation.

Avant de présenter diverses expériences musicales que j'ai réalisées ces dernières années, il n'est pas inutile de rappeler brièvement l'état des connaissances actuelles en acoustique, en matière d'espace.

I- Qu'est-ce que l'espace ?

Notions d'acoustique et de psychoacoustique

La prise en compte des phénomènes sonores impose de considérer un émetteur sonore, un récepteur sonore et un milieu de propagation. Le terme d'espace concerne la perception des formes, des grandeurs, des distances, des positions, et éventuellement celle des mouvements :

distance :

prés - loin

direction, position :

gauche - droite ou haut et bas

caractéristiques acoustiques du lieu :

sec - réverbéré

grandeur, formes, intérieur ou extérieur

et en régime dynamique :

déplacement de sources sonores (effet de panoramique à la console, effet Doppler),

éventuellement modification de l'acoustique ou des dimensions du lieu.

La hauteur, l'intensité et le temps sont des grandeurs physiques à une seule dimension. Elles sont donc aisément préhensibles, formalisables et manipulables, par le musicien, comme par le physicien. C'est certainement pourquoi elles sont le fondement de la musique depuis plusieurs siècles.

Le timbre est déjà une notion plus compliquée. C'est un paramètre à trois dimensions : fréquence, intensité et temps. Les musiciens traditionnels maîtrisent plus ou moins intuitivement la qualité des timbres et leurs combinaisons. Mais, la maîtrise scientifique du timbre, l'analyse et la synthèse sont des disciplines récentes, nécessitant des connaissances scientifiques importantes.

L'espace s'avère être encore plus difficile à appréhender physiquement puisqu'il met en jeu de fines variations de hauteur, d'intensité et de timbre en fonction du temps :

- le déphasage temporel entre les 2 oreilles ne dépasse guère 0,6 ms,
- le délai d'apparition des premières réverbérations est inférieur à 100 ms,
- les fluctuations d'amplitude ne sont guère plus importantes que quelques dB,
- les éventuelles variations de fréquence fondamentale (effet Doppler) ou du spectre au cours du temps sont aussi très subtiles.

Toutes ces variations de grandeurs physiques (amplitude, temps ou fréquence) sont souvent difficilement perceptibles de façon directe et consciente par notre oreille.

Mécanismes de la perception spatiale

Les différents mécanismes de la perception spatiale sont assez complexes, pourtant, **la localisation d'une source sonore dans l'espace**, c'est à dire l'évaluation de la direction et la distance, est souvent plus rapide que l'identification exacte du son, notamment grâce au rôle d'alerte de l'oreille (une question de survie, pour l'homme des cavernes ou le piéton engagé sur un passage clouté).

Pour évaluer les distances, l'oreille travaille par comparaison avec des "images sonores" mémorisées depuis l'enfance. La propagation du son dans l'air n'est pas homogène et les fréquences moyennes et aiguës sont absorbées relativement plus facilement que les fréquences basses. La répartition des fréquences varie donc avec la distance, ou l'éloignement de la source.

Pour la latéralisation des événements sonores, de nombreuses recherches psychophysiques ont mis en évidence différents facteurs, qui ont été regroupés sous le terme HRTF : head-related transfer function (Searle et al., 1976, Blauert, 1983), à savoir :

- le déphasage interaural (Lord Rayleigh, 1907),
- l'ombre acoustique de la tête (Lord Rayleigh, 1876 ; Mills, 1972),
- le rôle du pavillon de l'oreille (Gardner, 1973),
- les échos dus aux épaules (Searle et al., 1976),
- les premières réflexions (Moore, 1990) et la réverbération (Gardner, 1969),
- la vision,
- les mouvements de la tête.

Évidemment, cette complexité - acoustique ou psychoacoustique - ne facilite pas la prise en compte de l'espace. Pourtant, on peut déjà recenser de nombreuses tentatives de maîtrise de l'espace.

II- Bref historique

Je vais passer rapidement en revue les diverses pratiques musicales en relation avec l'espace, en commençant tout d'abord par **la musique instrumentale**.

Jusqu'au XIX^{ème} siècle, l'espace fût peu intégré ou exploité dans les œuvres musicales. Il faisait rarement partie des éléments compositionnels. On peut citer quelques effets d'espace à l'époque de Monteverdi ; ou encore dans 2 nocturnes pour plusieurs groupes orchestraux de Mozart, et plus tard chez Berlioz (symphonie funèbre et triomphale, grande messe des morts, ...).

Dans son traité d'orchestration de 1843, Berlioz évoque les effets d'espace créés par le timbre des instruments, ainsi que par leur position "géographique" dans l'orchestre.

En fait, les instruments de musique ne possèdent pas de possibilité intrinsèque de contrôler l'espace du son émis. Les seuls paramètres effectifs peuvent être la position et le mouvement de l'interprète dans le lieu d'exécution, les dimensions et qualités de ce lieu, à condition que l'écriture musicale prenne ces paramètres en compte. La disposition des musiciens dans l'orchestre peut relever d'une volonté de maîtriser l'espace.

4'33 de John Cage (1952), acte de provocation, nous fait prendre conscience que le silence est aussi un matériau de composition. Mais, c'est aussi la première œuvre musicale qui repose entièrement sur l'espace : Cage nous oblige à écouter la salle et son espace.

De plus en plus d'œuvres instrumentales contemporaines cherchent à prendre en compte l'espace. Citons parmi beaucoup d'autres : "Répons" de Boulez, pour 5 groupes instrumentaux ou "La tromba e mobile" de Vinko Globokar, pour ensemble à vents mobile (qui défile dans la salle de concert et "tournicote" dans tous les sens).

Le haut-parleur et la stéréophonie, outils de mise en évidence de l'espace.

Ce sont les technologies de notre siècle qui ont grandement contribué - de façon indirecte - à révéler l'espace : la fixation du son sur support, l'amplification électronique, le haut-parleur. Le haut-parleur permet de déplacer ou de multiplier les sources sonores. A titre de curiosité historique, citons les cabines Leslie des orgues Hammond qui utilisent la rotation d'un haut-parleur pour simuler les premiers effets de mouvement d'espace.

Il faut rappeler que l'enregistrement et la reproduction stéréophonique du son sont des artifices qui permettent de percevoir - ou de recréer - l'espace de prise de son. Dans un enregistrement stéréophonique, ce sont des différences d'intensité et de phase entre les deux canaux qui donnent à l'auditeur l'impression d'espace : position ou mouvement d'une source sonore. C'est un modèle très pauvre, comparativement à la façon dont le son arrive réellement aux oreilles, mais cela semble satisfaire bon nombre d'auditeurs.

L'écoute stéréophonique ou multiphonique apporte effectivement un certain confort d'écoute et améliore l'écoute sélective (localisation d'une source au milieu de plusieurs autres ou au milieu d'un brouhaha).

Le codage en Dolby surround permet désormais d'immerger l'auditeur dans le son (par une diffusion sur 5 haut-parleurs + éventuellement un caisson de basses). Les applications du home cinéma et les équipements audio surround envahissent de plus en plus les foyers. Mais, les professionnels du son et de la musique ne semblent pas être concernés, alors que c'est peut-être une chance pour les musiques électroacoustiques ?

La musique électroacoustique et l'informatique musicale permettent de simuler des espaces, des mouvements dans l'espace.

Ces techniques permettent d'envisager un réel travail sur l'espace. Il faut distinguer ici deux procédés très distincts :

- la synthèse d'espace par des moyens électroniques et/ou informatiques : machines d'effets, réverbération, simulateurs d'espaces travaillent sur l'espace interne du son. Le résultat est perceptible sur une installation mono ou stéréo standard.

- la mise en espace des sons par multiplication des haut-parleurs : la projection sonore sur un orchestre de haut-parleurs permet de travailler sur l'espace externe du son. Citons, parmi les réalisations remarquables, la coupole acoustique de Léo Kupper avec ses 102 haut-parleurs (1977) ou l'acousmonium du GRM.

Il y a beaucoup de travaux de recherche théorique sur le timbre, mais relativement peu sur l'espace. Les articles de J. CHOWNING, J. BLAUERT, F.R. MOORE ou encore D.A. BURGESS, relatent diverses expériences ou procédés de spatialisation du son.

Espace réel ou illusion d'espace

Pour la réalisation de Turenas (1972), John CHOWNING a utilisé la synthèse des sons par ordinateur, afin de produire des illusions de sons en mouvement assez efficaces (surtout dans la version 4 pistes) : rapprocher ou éloigner des sources sonores, les déplacer de droite à gauche, de haut en bas, leur faire remplir une pièce. Des sources individuelles peuvent tourbillonner au dessus de la tête.

Ces effets sont obtenus en jouant notamment sur :

- la simulation de l'effet Doppler (léger changement de fréquence lié au mouvement des sources)
- la proportion de l'énergie sonore émanant directement de la source et de la réverbération artificielle appliquée à la source, ce qui donne une impression de distance et de profondeur.

Les expériences de John CHOWNING nécessitaient à l'époque de nombreux calculs qui ne pouvaient être réalisés qu'en temps différé. 25 ans plus tard, ces mêmes expériences se font en temps réel. Le simulateur d'espace de l'IRCAM ou le processeur Roland RSS font appel à des processeurs de traitement du signal spécialisés. Ces simulateurs d'espace apparaissent maintenant dans de nombreux logiciels direct-to-disc sous forme de plug-in.

Synthèse du son et échantillonneur.

Les sons de synthèse ont énormément progressé depuis les années 60. Le synthétiseur est cependant actuellement détrôné au profit de l'échantillonneur : phénomène de mode, possibilité d'imitation des timbres en apparence plus évidente, possibilités créatives importantes, dans la lignée de la musique concrète, ... Il y a peut-être une autre façon d'envisager la question : l'échantillonneur enregistre une tranche de son naturel avec son espace, alors que le synthétiseur manipule des équations pour produire un timbre a priori sans espace. Même si l'on ajoute un peu de réverb pour améliorer le résultat, tout cela ne sonne pas trop naturel.

Spatialisation du son en concert sur un orchestre de haut-parleurs

Dans les siècles passés, la position spatiale des sons ne jouait pas de rôle actif dans la musique. L'utilisation de plusieurs haut-parleurs permet la création d'un espace externe au son - en direct lors de l'écoute - et ce, à partir d'un enregistrement sonore le plus souvent "fixé" en stéréo sur un support magnétique. La spatialisation du son en concert devient peu à peu un geste instrumental à part entière : "Aménageant tutti et soli, nuances et contrastes, reliefs et mouvements, le musicien au pupitre devient le concepteur d'une *orchestration* et d'une *interprétation* vivante." (M. CHION)

Les musiques de support (musique acousmatique ou bande son au cinéma) ont depuis fort longtemps ressenti la nécessité de (re)créer un nouvel espace lors du concert. La spatialisation du son se fait à l'aide d'une table de diffusion (sorte de table de mixage, qui possède plus de sorties que d'entrées : 2 entrées stéréo, autant de sorties que de haut-parleurs). Ce sont les potentiomètres de sortie qui servent à contrôler la diffusion. Le jeu sur les potentiomètres contrôlant les haut-parleurs a trois effets :

- 1) le réglage individuel de l'amplitude ou de l'intensité de chacun des haut-parleurs ;
- 2) de ce simple contrôle d'amplitude découle un effet de spatialisation par le fait que : monter un haut-parleur particulier semble déplacer la source du son vers ce haut-parleur. Ainsi sont possibles des effets de gauche-droite, avant-arrière et toutes autres combinaisons¹ ;
- 3) le choix de tel ou tel haut-parleur, de marque différente ou de position spatiale différente, induit des variations de timbres plus ou moins perceptibles.

Quelques dispositifs de projection du son.

1952 : Pierre SCHAEFFER, Pierre HENRY et Jacques POULLIN expérimentent le pupitre potentiométrique de relief.

1958 : l'école allemande, avec Stockhausen, travaille en 4 pistes et diffuse sur 4 haut-parleurs disposés aux quatre coins de la salle.

Imaginé en 1974, l'acousmonium du GRM comporte, sur 16 à 24 canaux, environ 80 projecteurs sonores. C'est un dispositif de sonorisation spécifique à l'école française.

Citons encore la machine acousmatique du GMVL, le Gmebaphone de Bourges, ... Il existe aujourd'hui en France plusieurs dizaines de ces dispositifs.

La projection des sons en concert est tout d'abord une question esthétique. En second lieu, elle met en jeu des considérations d'ordre psychophysologique : l'oreille perçoit différemment les phénomènes sonores venant de l'avant ou de l'arrière, de droite ou de gauche, ainsi que de près ou de loin. Le pouvoir de discrimination par l'oreille des sons simultanés est d'autant plus grand que les sources semblent provenir de directions différentes. La multiplication des sources sonores améliore considérablement le confort d'écoute.

Enfin, en l'absence des points de repères habituels de la musique classique (mélodie, harmonie, rythmique, ...), faute du support visuel de l'orchestre ou de l'instrumentiste, faute de certains éléments vivants du son acoustique en direct, l'oreille même la plus avertie finit par se lasser de l'écoute de la musique de sons fixés. Grâce à la spatialisation du son, l'oreille peut s'attacher à suivre les glissades de son, les effets de panoramique, d'éloignement. Le "concert électroacoustique spatialisé" compense - plus ou moins consciemment - l'absence de localisation visuelle par de nouveaux réflexes de localisation auditive spatiale. Schaeffer l'avait déjà pressenti, dès les débuts de la musique concrète.

Interprétation de la musique acousmatique à Thélème Contemporain

Je renvoie le lecteur intéressé par ce sujet sur l'article : "Compte-rendu de la table ronde sur l'interprétation des œuvres acousmatiques. Thélème Contemporain paru dans *Ars Sonora* n°4, 1996.

III- Présentation de réalisations personnelles

Les musiques électroacoustiques se diffusent sur un ensemble de haut-parleurs dont le nombre peut aller d'une dizaine à une soixantaine. L'intérêt de disposer de tant de haut-parleurs est au moins comparable à celui de diriger ou de savourer un orchestre symphonique : multiplicité des sources sonores, élargissement de l'espace et/ou effets d'espace, ... Cependant, la multiplication des voies de diffusion entraîne des problèmes de maîtrise de la spatialisation, voire de virtuosité : on dispose de contrôles individuels pour chaque haut-parleur (ou chaque groupe de haut-parleurs) ; comment alors contrôler efficacement 30 voies avec seulement 2 mains ou 10 doigts ?

Je propose d'explorer deux solutions que j'ai réalisées pour certains de mes spectacles ou concerts.

"Albedo" : interprétation assistée par ordinateur (1994)

L'utilisation du MIDI et de l'informatique permettent d'offrir des fonctionnalités qui prolongent ou facilitent les gestes d'interprétation sur un orchestre de haut-parleurs.

Le pupitre de spatialisation du son peut s'utiliser de façon autonome ou encore en insertion dans une table de diffusion traditionnelle (voir figure 1 ci-dessous).

¹ *Effet Haas ou de précéden*

L'impression de déplacement des sources est possible tant que la distance entre deux sources ne dépasse pas 16 mètres environ. Au delà de cette distance, le décalage temporel atteignant 1/20ème de sec = 50 ms, l'auditeur percevrait 2 sources distinctes.

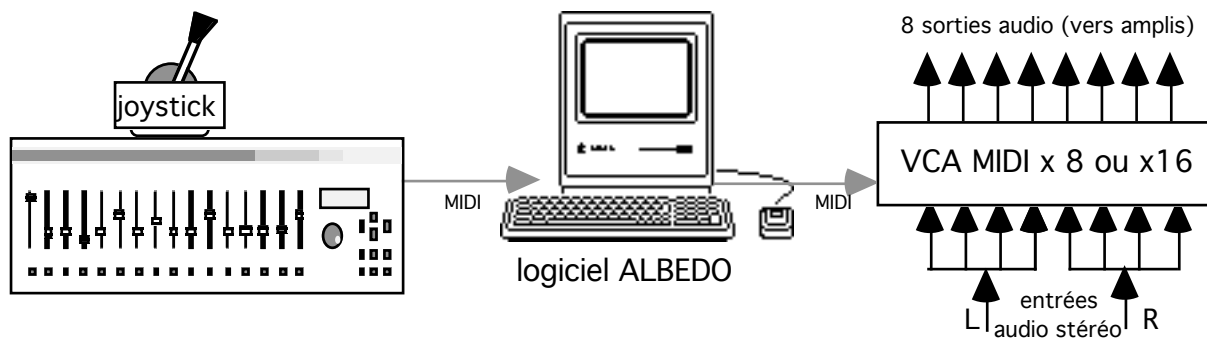


Figure 1 : les accès gestuels proposés à l'interprète sont : 1 pupitre de 16 faders et 1 joystick.

Afin de bien faire comprendre l'intérêt d'Albedo, voici la liste des Fonctionnalités logicielles :

- table de diffusion "normale" (16 faders, jusqu'à 16 voies audio en sortie)
- reconfiguration instantanée de la disposition des potentiomètres :

alternés	L1	R1	L2	R2	...				
gauche - droite	L1	L2	L3	...	R1	R2	R3	...	
symétriques			L3	L2	L1	R1	R2	R3	...
etc.									
- possibilité de définir des offsets : valeurs min et max des potentiomètres
- mémorisation de plans sonores
- possibilité de créer des groupes (combinaison linéaire de potentiomètres individuels commandée par un seul potentiomètre), un seul geste permet de régler plusieurs dizaines de haut-parleurs
- le joystick permet de faire une interpolation entre 4 mémoires de plans sonores ou entre 4 groupes. Ce qui permet d'exécuter d'un seul geste des fondus d'un ou plusieurs haut-parleur(s) vers un ou plusieurs autres haut-parleur(s) ou des rotations, permutation cyclique, ping-pong, ...
- réglage de volume global
- possibilité de synchronisation avec l'audio par MIDI Time Code
- temps de transition entre 2 états ou 2 mémoires, réglable de 0 à 99 s.
Toutes les transitions d'amplitude sont faites dans la douceur ! ALBEDO utilise un algorithme d'interpolation et de lissage dont le temps de transition est réglable par l'utilisateur. Seuls les états statiques des amplitudes des potentiomètres sont mémorisés. ALBEDO s'occupe de les enchaîner dynamiquement en calculant les transitions entre ces états statiques.
- l'utilisateur peut intervenir à tout moment et garde toujours la liberté totale du contrôle des opérations : accélération ou ralentissement des transitions, appel d'une autre mémoire, et surtout action directe sur le pupitre de potentiomètres MIDI, qui redevient immédiatement maître de la diffusion
- chargement / sauvegarde des mémoires et réglages sur disquette

Albedo n'est pas un logiciel de diffusion automatisée. Il s'agit seulement d'un outil pour aider les interprètes à aller plus loin dans le travail de diffusion de la musique dans l'espace. **Il permet de passer d'une activité en direct et évanescence (improvisée ?) à une activité plus virtuose dont on peut préparer à l'avance des éléments d'exécution.**

Albedo a été développé en 1994 pour la diffusion du son du spectacle multimédia O Houenouho. Il a été présenté et utilisé au cours d'un stage d'interprétation de la musique acousmatique organisé par Thélème Contemporain (Futura 1994).

“Les couleurs du Vent” : vers un jeu instrumental incluant l'espace

On parle d'interprétation de la musique électroacoustique ; mais contrairement au jeu instrumental, l'interprète n'a pas de retour physique de son "instrument" et surtout, il n'est pas maître du temps, il le subit. J'ai conçu un dispositif électroacoustique interactif (gant, logiciel, échantillonneur et VCA MIDI) permettant à un interprète de jouer de la musique “acousmatique” en direct sur scène.

Un gant de donnée permet de détecter la flexion des doigts et l'inclinaison de la main de l'interprète. Le logiciel **Action !** reçoit et gère ces informations. Il s'agit d'un multi-séquenceur MIDI (plusieurs séquenceurs indépendants) : il est possible de déclencher indépendamment et à l'instant de son choix jusqu'à 128 séquences MIDI, avec des tempi différents ; les séquences peuvent être bouclées, s'arrêter ou ne pas s'arrêter avant la fin. Plusieurs séquences peuvent s'enchaîner. Le point important est l'extrême liberté temporelle offerte par ce logiciel.



Photo PEF

Figure 2 : les couleurs du vent : le gant de données.

Les gestes sont simples et relativement clairs pour le public : une flexion du doigt pour déclencher des séquences MIDI (préparées à l'avance), en contrôler l'amplitude, l'inclinaison de la main (avant, arrière, droite, gauche) contrôle la spatialisation du son : soit la position d'apparition d'un son, soit son déplacement sur 8 haut parleurs.

Cet instrument de concert me permet de réaliser en studio des choses très complexes, sans compromis, sans me dire que je dois simplifier mon écriture, car sinon cela sera injouable en direct sur scène. Ceci rejoint bien la démarche de la musique acousmatique. Ce qui est jouable, je le joue en direct à l'échantillonneur. Ce qui est trop complexe, je le joue par l'intermédiaire du gant. Un peu comme un chef d'orchestre, je dispose de 128 instrumentistes zélés qui m'obéissent au doigt et à l'oeil. Je déclenche chaque élément sonore exactement à l'instant où je le souhaite, j'en contrôle les nuances et surtout la spatialisation.

Les applications de ce dispositif peuvent être nombreuses et restent encore à explorer.

<une vidéo présente une démonstration de ce gant, ainsi qu'un autre capteur, utilisé dans le même spectacle, qui réagit à l'énergie des gestes effectués par le bras>

“Uni-Verre-Son” : environnement visuel et sonore interactif

Voici pour finir une toute autre façon d'appréhender l'espace. Uni-Verre-Son est une installation sonore interactive. Cette installation a remporté le FAUST d'argent en 1994.

13 sculptures de verre de Bernard FROMENT sont suspendues dans un espace clos, éclairé par le plasticien Pierre GALLAIS. Les déplacements du (ou des) visiteur(s) dans la salle déclenchent et contrôlent les éléments musicaux qui sont projetés en divers endroits de l'espace (sur 10 haut-parleurs) : crissement du diamant, râpe, éclats de verre, pince, rebonds des plaques de verre s'animent peu à peu, se transforment.

J'ai enregistré les sons du travail de Bernard FROMENT et recréé par la composition les ambiances sonores des différentes phases de son travail.

Des matériaux bruts à la sculpture finalisée ...

En l'absence de visiteur, l'installation est totalement silencieuse. L'arrivée d'un visiteur dans le champ du premier capteur marque le début du processus sonore : les plaques de verre s'animent, le son du diamant entre en action ; au fil du temps, les plaques se découpent, les éclats tombent au sol, le travail de l'artiste prend forme, ...

La spatialisation semble accompagner le visiteur, grâce aux informations de position envoyées par les capteurs. Au bout de quelques minutes, des éléments sonores nouveaux se font entendre à l'opposé de la position du visiteur. Ce “piège sonore” fonctionne en général assez bien et l'on voit le visiteur se diriger imperceptiblement vers cette nouvelle source sonore, qui lui permet de découvrir la seule sculpture qui n'est pas suspendue.

En cas d'immobilisme ou "d'extase prolongée" (toujours détectée par l'ordinateur), le son d'une plaque de verre éclatant au sol ne manque pas de faire sursauter le visiteur.

Au delà de plusieurs minutes, toutes ces éléments sonores fusionnent peu à peu dans un développement musical plus composé et occupant tout l'espace.

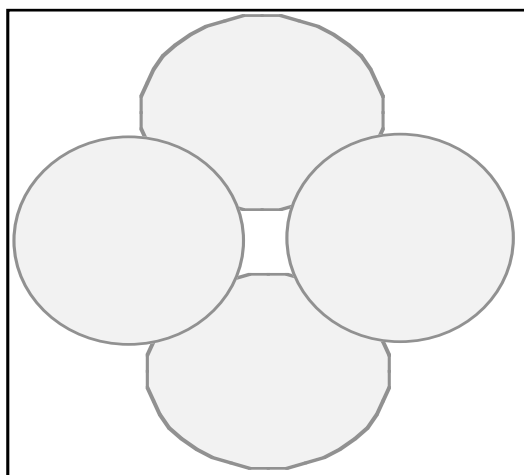


Figure 3 : Uni-Verre-Son : la salle, les sculptures (x) et le champ d'action des 4 capteurs (■)

Deux mots de technique

4 capteurs infrarouges placés au centre de la salle (100 m² env.) délimitent 4 zones d'espace. Ils détectent la présence des visiteurs et en informent l'ordinateur qui peut ainsi déduire la position instantanée, la trajectoire, la vitesse de déplacement du visiteur, le temps écoulé.

Les sons sont produits par un échantillonneur (16 Mo de RAM = plus de 3 minutes de sons). L'ordinateur génère des petites séquences MIDI qui s'enchaînent les unes aux autres, il contrôle l'amplitude des sons et leur positionnement sur les 10 hauts parleurs. L'échantillonneur ASR10 possède 8 sorties séparées assignables par MIDI.

Production de sons et maîtrise de l'espace

La réussite d'Uni-Verre-Son tient beaucoup à l'interactivité et à la maîtrise de l'espace (tant visuel que sonore). Les recherches en psychoacoustique ont montré que la vision était associée à la perception de l'espace. Le visiteur se déplace librement, les sculptures mobiles suspendues flottent dans l'air, les sons eux aussi apparaissent et disparaissent sur les différents haut-parleurs.

Uni-Verre-Son peut être considéré comme une sorte de kaléidoscope visuel et sonore <vidéo>.

IV- Conclusions

L'espace fait tellement partie de toutes les activités sonores humaines que sa perception est souvent délicate, indirecte et non consciente.

Les pratiques musicales de l'espace souffrent du manque de connaissance des phénomènes acoustiques et psychoacoustiques, de l'absence de définition, de vocabulaire, de représentation ou de notation. Ceci explique le peu de maîtrise (à moins que ce soit l'inverse). Les outils de manipulation de l'espace sont rares et en général ce sont des détournements d'outils de manipulation d'autres paramètres du son.

Il faudrait pouvoir fixer, mémoriser, retravailler, synthétiser l'espace et finalement l'insérer dans un discours musical.

La musique électroacoustique offre ses lettres de noblesse au timbre en intégrant pleinement celui-ci dans le discours musical, c'est elle aussi qui manipule le plus l'espace et qui ose "jouer" de l'espace en concert. Elle oriente les musiciens vers la maîtrise de l'espace. Ce qui est d'autant plus intéressant par le fait que l'interprétation de la musique acousmatique est accessible par tous (ce qui n'est pas le cas de la plupart des travaux de recherche menés par les élites, dans le secret des laboratoires ...).

La présentation de ces réalisations musicales participe à la prise conscience collective des phénomènes de l'espace, afin d'agir en connaissance de cause et non pas de subir. C'est en accumulant les expériences, échangeant les savoir-faire et formalisant les expériences que nous arriverons à maîtriser l'espace.

Bibliographie

Bayle F. (1977), Support/espace. Cahier Recherche musique, n°6.

Bayle F. (1993), Musique acousmatique - propositions positions. INA-GRM, Buchet-Chastel (à consulter notamment pour son importante bibliographie)

Begault D.R. (1994), 3-D sound for virtual reality and multimedia. Cambridge Academic Press.

Berlioz H. (1843), L'orchestre, Grand traité d'instrumentation et d'orchestration. Shonenberger, Paris

Blauert J. (1983) Spatial hearing: the psychophysics of human sound localization, MIT Press, Cambridge, MA.

- Bloch G., Assayag G. & Warusfeld O.** (1992) "Spatializer" : from room acoustics to virtual acoustics. Proceedings of International Computer Music Conf.(1987-1993), 253-256
- Burgess D.A.** (1992), Techniques for low cost spatial audio. UIST 92, ACM Nov. 15-18.
- Chion M.** (1982), La musique électroacoustique, PUF, Coll. Que sais-je ?
- Chion M.** (1988), "Les deux espaces de la musique concrète" in L'espace du son I. Musiques et recherche. Ohain Belgique.
- Chion M.** (1991), L'art des sons fixés ou la musique concrètement. Ed. Métamkine / Nota-Bene.
- Chowning J.** (1971), The simulation of moving sound sources. JASA, 19, 2-6
- Dhomont F.** (ouvrages collectifs sous la direction de)
L'espace du son I (ouvrage collectif) (1988), Musiques et recherche. Ohain Belgique.
L'espace du son II (ouvrage collectif) (1991), Musiques et recherche. Ohain Belgique.
- Duchenne J.M.** (1992, rév. 1993), Pour un art des sons *vraiment* fixés. Non publié.
- Dufourt H.** (1991) "Timbre et espace" in Le timbre, métaphore pour la composition. Ed. Bourgois
- Gardner M.B.** (1973), Some monoral and binaural facets of median plane localization, JASA, 54, 1489-149.
- Haller H.P.** (1972), Mutation et spatialisation du son. Musique en jeu, n°8.
- Jot J.M.** (1992), Etude d'un spatialisateur de sons par modèles physiques et perceptifs. Thèse du dépt. signal de Telecom Paris (non publié).
- Kitantou Mpaya** (1987), La localisation spatiale. Le livre des techniques du son. Ed. Fréquences.
- Kupper L.** (1986) "Space perception in the computer age : Music and Psycho-acoustic experiences in space diffusion. Proc. of the ICMC (1987-1993) 47-50
- Laracine A.** (1987) La stéréophonie, perception spatiale des sons. O VU, n°63.
- McAdams S.** , "Perception et intuition, calculs tacites" in InHarmonique 3. Ed Bourgois.
- McDonald A.** , "Performance practice in the presentation of electroacoustic music". CMJ
- Merlier B.** (1993) Space & Music. SMAC Stockholm
- Merlier B.** (1997) Compte-rendu des Rencontres 97 des compositeurs de musique acousmatique de la région Rhône-Alpes : L'interprétation des musiques de support : réalité ou illusion ? (24 Mai 1997 - Faculté de Musicologie - Univ. LYON 2), THELEME CONTEMPORAIN
- Mills A.W.** (1972) Auditory localization. Foundation of modern auditory theory. Vol II/8 Academic, New York, NY.
- Moore F.R** (1983) A general model for spatial processing of sounds. CMJ, 7(3), 6-15.
- Moore F.R** (1989), Spatialization of sounds over loudspeakers. in Current directions in computer music research. MIT Press, Cambridge, MA.
- Moorer J.** (1979), About this reverberation bussiness. Computer Music Journal, 3(2), 13-28.
- Pierce J.R.** (1984), Le son musical. Pour la science, Belin.
- Schaeffer P.** (1977), Traité des objets musicaux - Ed. du seuil, 1966, rev. 1977
"Pierre SCHAEFFER, l'œuvre musicale", Coffret de 4 CD et livret.
Textes et documents réunis par F. BAYLE. INA GRM, 1990
- Rayleigh L.** (1907) "On our perception of sound direction" Philosophical magazine 13, 214-232.
- Risset J.Cl.** (1988), "Perception, environnement, musique" in InHarmonique 3. Ed Bourgois.
- Searle C.L., Braida L.D., Davis M.F. & Colburn H.S.** (1976), Model for auditory localisation. JASA, 60, 1164-1176.
- Von Békésy G.** (1936), Zur theorie des Horens. Phys. Z. 31, 824-838 & 867-868.
Vers un art acousmatique, Actes du colloque LIVE 90. GMVL Lyon.
- RSS (ROLAND Sound Space) Processing System, Documentation ROLAND.
- "Compte-rendu de la table ronde sur l'interprétation des œuvres acoumatiques, (1996)
Thélème Contemporain. Ars Sonora n°4, CDMC.
- Le son et l'espace, (1995) compte-rendu du colloque, GRAME Lyon. comporte
notamment une copieuse bibliographie récapitulative sur le sujet, par J. LORRAIN.