

LES FORMATS D'ÉCOUTE MULTICANAL



Analyse du rendu spatial
à travers différents systèmes de restitution :
la stéréophonie à 2 canaux, le multicanal 5.1, l'Ambisonics et la WFS

Avec Markus Noisternig, Marie Delorme, Jean-Marc Lyzwa, Pierre-Antoine Signoret
Julien Carton, Olivier Warusfel et Dominik Streicher.

Ircam, Espace de projection
Vendredi 21 janvier 2011

**Enregistrements réalisés au
Conservatoire national supérieur de musique et
de danse de Paris**

les 12 et 13 novembre 2010

Grand plateau d'orchestre

Direction artistique de l'enregistrement
Alice Legros et Valentin Couineau

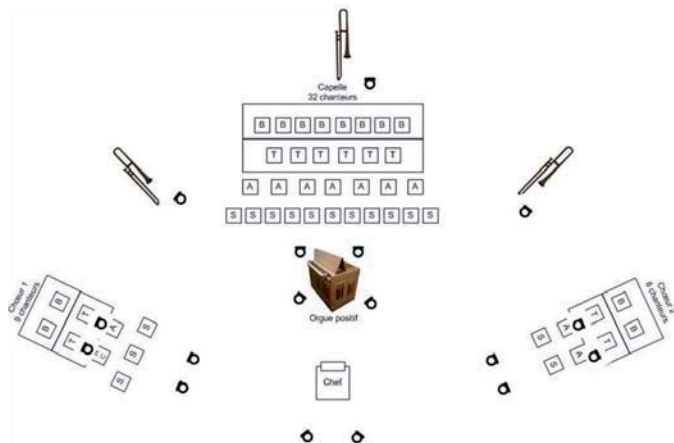
Avec le concours,
du chœur de chambre
Les Temperamens Variations,
de l'ensemble vocal
Profs en C(h)œur,
dirigés par Thibault Lam Quang,
des étudiants du Cnsmdp et du Crr de Paris.

Rituales Libri (2010), Benjamin Attahir

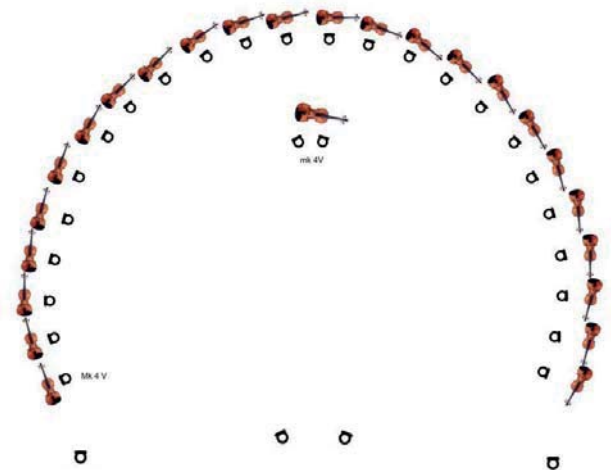
Gloria, extrait de *Sacrae Symphoniae* (1597),
Giovanni Gabrieli



La stéréophonie à 2 canaux



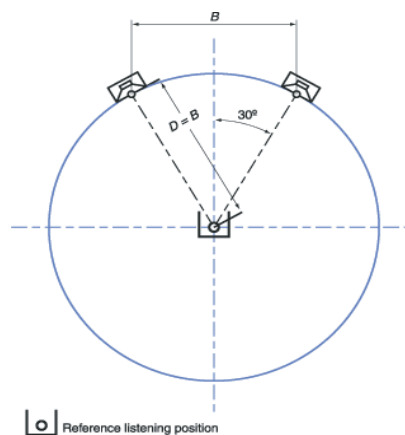
Gloria, extrait de Sacrae Symphoniae, Giovanni Gabrieli



Rituales Libri, Benjamin Attahir

C'est Clément Ader qui semble avoir eu le premier l'idée de spatialisation du son avec l'invention du théâtrophone en 1881 : une rampe de 10 téléphones a été installée à l'Opéra Garnier pour une retransmission en directe au palais de l'industrie. Démocratisée depuis les années 1950 pour une écoute musicale, la stéréophonie à deux canaux est aujourd'hui le système le plus connu et le plus utilisé.

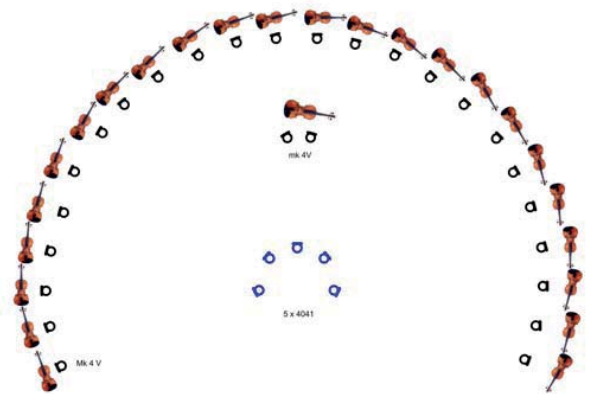
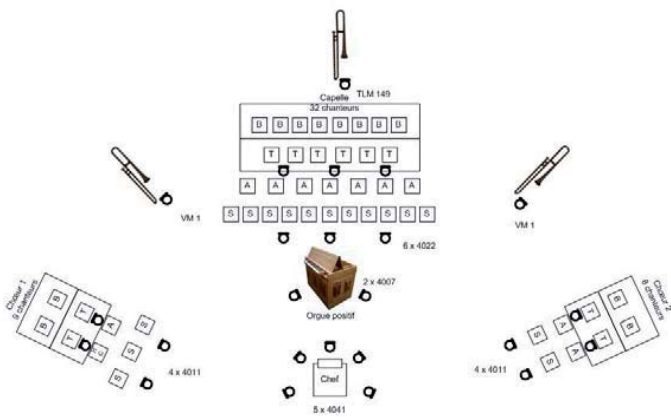
La reproduction de la stéréophonie se fait au moyen de deux haut-parleurs identiques formant, dans des conditions idéales, un triangle équilatéral avec l'auditeur.



Le champ acoustique ainsi restitué permet à l'auditeur de localiser les sons entre les enceintes dans le plan horizontal (gauche/droite) et en profondeur. Chaque signal émis par un haut-parleur est capté par les deux oreilles avec une différence de temps (ΔT) due à la différence de marche de l'onde sonore arrivant à chacune de celles-ci. La tête et le corps de l'auditeur induisent un filtrage (différence d'intensité ΔI) des signaux croisés. De plus, le pavillon de l'oreille filtre le son arrivant suivant son angle d'incidence (HRTF : Head Related Transfer Functions).

Les techniques de prise de son stéréophoniques visent à restituer une scène sonore perçue par l'auditeur dans une situation de concert par exemple. La captation se fait au moyen d'un couple principal de microphones ; on peut alors agir sur l'écartement et l'orientation des capsules. Ce système peut être complété par des microphones d'appoint placés en proximité des instruments.

Le multicanal 5.1



Gloria, extrait de Sacrae Symphoniae, Giovanni Gabrieli

Rituales Libri, Benjamin Attahir

Depuis déjà plusieurs années, une réflexion est menée au Cnsm dp sur les techniques de prise de son et de post-production à mettre en œuvre afin de créer une immersion sonore plus réaliste pour l'auditeur en ce qui concerne la musique enregistrée. L'objectif est d'améliorer, de préciser et de stabiliser la sensation d'enveloppement tout en renforçant la lisibilité et la compréhension de l'œuvre restituée.

Les différentes évolutions du son cinématographique et des techniques audionumériques ont conduit à la normalisation dans les années 1990 d'un nouveau format : le système multicanal 5.1. Il constitue à ce jour la référence commerciale dont dépend l'ensemble des différents supports de stockages : DVD, Blu-Ray avec encodages DTS, DTS HD Master Audio, Dolby Digital, Dolby True HD.

Étroitement lié à l'industrie cinématographique, le système de restitution sonore 5.1 privilégie naturellement le secteur frontal au détriment des secteurs latéraux et arrière. Le système 5.1 tel qu'il est défini se caractérise par un manque d'homogénéité dans la distribution et un espacement irrégulier des cinq haut-parleurs. Or, la précision spatiale dans ces secteurs fragiles est essentielle pour la perception d'un enveloppement stable.

De nombreux débats se posent et s'opposent sur les différentes techniques de prise de son conciliables avec ce système normalisé. Théories et réflexions autour de la captation sont développées et chacune se défend de présenter le meilleur système généraliste, la solution la plus adaptée pour retranscrire l'espace sonore de manière la plus réaliste et naturelle qu'il soit. Cependant, peu d'entre elles explorent l'ensemble des différentes techniques utilisées réellement par l'ingénieur du son dans la réalisation d'une production, notamment la mise en œuvre et la gestion en post-production des microphones d'appoint.

À travers une approche plus systématique, l'intention de ce projet mené en collaboration avec l'équipe Espaces acoustiques & cognitifs de l'Ircam, et Alexis Baskind, est de développer de nouveaux outils sous la forme d'un plugin de spatialisation spécifiquement adapté au format 5.1.

Les travaux issus de cette collaboration ont montré tout l'intérêt d'une approche de la prise de son et du mixage basée sur l'exploitation conjointe de différentes techniques de spatialisation.

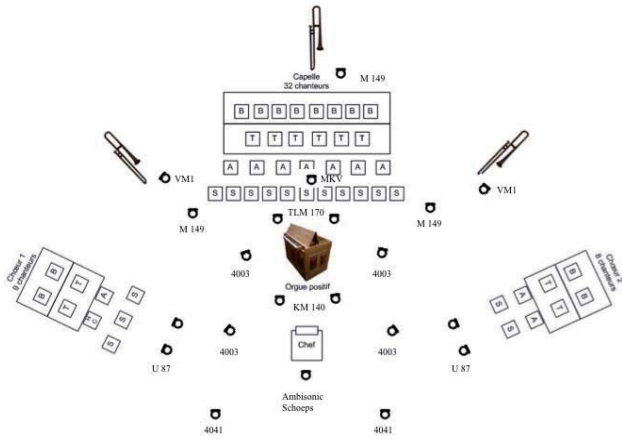
Il ne s'agit plus de combiner classiquement en post-production deux couches mais trois :

Au système *principal* (quintuplé, réseaux microphoniques, systèmes Ambisonics, HOA...) s'ajoute une deuxième couche au mixage, constituée des différents microphones d'appoint repositionnés aux panoramiques d'intensité. La troisième couche vient se combiner aux deux précédentes et s'appuie sur le principe de spatialisation binaurales/transaurales. C'est l'élément nouveau que nous apportons. Un double traitement transaural est appliqué aux microphones d'appoint pour stabiliser l'image sonore sur les secteurs fragiles du format de restitution 5.1. Il offre également la possibilité de travailler l'effet d'élévation et de proximité.

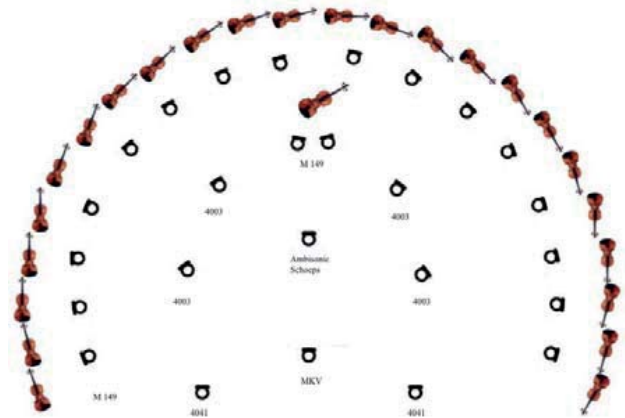
D'un point de vue purement esthétique, l'approche recherchée à travers le développement de ce procédé, consiste à orienter la perception de l'auditeur au plus près de la représentation spatiale mentale de l'œuvre imaginée par le compositeur.

À travers cette nouvelle restitution sonore, c'est donc une perception singulière de l'œuvre enregistrée bien plus proche de la pensée compositionnelle qui est proposée à l'auditeur.

L'Ambisonics



Gloria, extrait de Sacrae Symphoniae, Giovanni Gabrieli



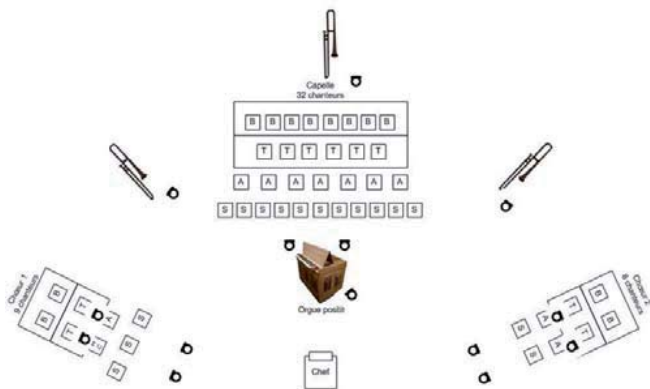
Rituales Libri, Benjamin Attahir

Ambisonics désigne une méthode d'enregistrement et de reproduction sonore basée sur une décomposition du champ acoustique en un point de l'espace sonore. Introduite dans les années 1970 par M. Gerzon, cette méthode a depuis fait l'objet de nombreux travaux théoriques et extensions pratiques qui en étendent le principe. Celui-ci consiste à représenter le champ sonore au point de référence par son développement limité sur la base des harmoniques sphériques. La captation est péripsonique (*surround* sphérique – composante horizontales et verticales) et la reproduction peut s'adapter à différentes géométries de haut-parleurs horizontales ou tridimensionnelles. À l'instar de tout développement limité, plus on fait appel à des harmoniques sphériques d'ordre élevé, meilleure sera la résolution spatiale dans les trois dimensions de l'écoute. Au stade de la captation, il s'agit alors d'encoder le champ sonore par un réseau de microphones coïncidents dont on combine les directivités pour obtenir celles des harmoniques sphériques (monopole, dipôles, quadripôles, etc.). En pratique, bien que les microphones usuels ne permettent pas directement d'obtenir ces composantes spatiales au delà du premier ordre, il est néanmoins possible de les synthétiser par combinaison de cellules microphoniques distribuées sphériquement autour d'un point. Le microphone SoundField® développé dans les années 1970 suite aux travaux de M. Gerzon, par les sociétés Calrec puis Soundfield, réalise un encodage comprenant les quatre composantes directionnelles de premier ordre. D'autres réseaux de microphones plus récents dont l'Eigenmike® proposé par la société MHacoustics qui est composé de 32 capsules disposées autour d'une sphère, permettent d'envisager des encodages ambisoniques d'ordres supérieurs (*High Order Ambisonic* ou HOA). Les signaux issus de ces différents microphones sont, en général, transformés en format B (format de post-production ambisonique).

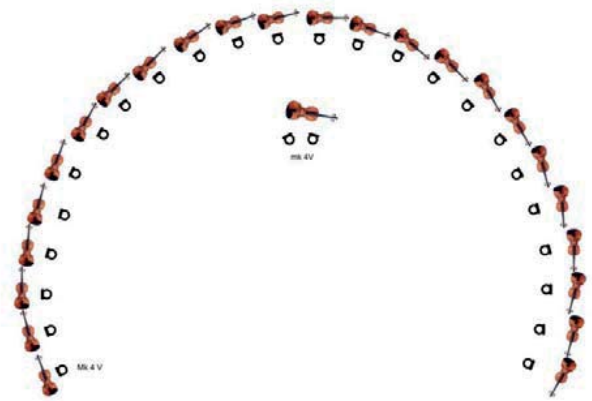
Pour la restitution, le format B issu du mixage est ensuite décodé selon le nombre et la géométrie des enceintes du dispositif de diffusion. L'indépendance entre le format de post-production et le dispositif de restitution constitue un avantage puissant de cette approche puisque la position des haut-parleurs n'est pas imposée *a priori* et que le format B préserve une compatibilité transversale avec des dispositifs de haut-parleurs à géométrie variable selon le paramétrage du décodeur.

Le système de reproduction installé dans l'Espace de projection comprend 14 haut-parleurs disposés en hémisphère et permet un décodage ambisonique d'ordre trois. La prise de son sur cette expérience s'est faite à l'aide de deux systèmes ambisoniques d'ordre un espacés de plusieurs mètres (un système tridimensionnel disposé au centre de l'effectif instrumental et un système arrière d'ambiance) et de microphones d'appoints monophoniques et stéréophoniques conventionnels.

Wave Field Synthesis (WFS)



Gloria, extrait de Sacrae Symphoniae, Giovanni Gabrieli



Rituales Libri, Benjamin Attahir

Développée dans les années 1980 à l'université de Delft, la Wave Field Synthesis (WFS) suscite un large intérêt aujourd'hui car le nombre de canaux nécessités par cette technique de synthèse spatiale ne représente plus un obstacle technologique. Cette technique est basée sur le principe ondulatoire édicté par Huyghens au XVII^e siècle, qui stipule qu'au cours de sa propagation une onde émanant d'une source primaire se comporte comme si chacun des points atteints simultanément par le front d'onde réémettait une ondelette sphérique de même phase et de même amplitude. Un instant plus tard, l'onde est formée par l'enveloppe des ondelettes sphériques émises par les sources secondaires et se propage ainsi de proche en proche. En pratique, on utilise un réseau de haut-parleurs qui jouent le rôle des sources secondaires. Ils sont tous alimentés par le signal sonore de la source à spatialiser, mais sont contrôlés chacun en retard et en gain de sorte à former un front d'onde ayant pour origine la position de la source virtuelle désirée. Ce traitement est réalisé en parallèle pour chaque source composant la scène sonore. L'intérêt principal de la technique WFS est de créer un champ sonore cohérent sur zone étendue préservant ainsi la fidélité de l'image spatiale (position des sources) même pour un auditeur excentré ou se déplaçant dans la zone d'écoute. Cette propriété est notamment intéressante dans le cadre des installations sonores invitant les spectateurs à déambuler dans un espace. Une autre propriété importante de la WFS est d'autoriser, du moins partiellement, la synthèse du rayonnement des sources sonores de sorte à simuler les effets de directivité et d'orientation d'une voix ou d'un instrument de musique. En s'approchant du rayonnement naturel des sources et de leur interaction avec la salle, cette technique renforce la sensation de présence des sources dans la salle.

Grâce au soutien du CNRS et de la Région Ile-de-France, l'Ircam a équipé l'Espace de projection (Espro) d'un système frontal de WFS constitué par une antenne rectiligne de 128 haut-parleurs espacés de 16 cm et pilotés par un réseau de processeurs audio développés par la société sonic emotion. Le projet prévoit à terme de compléter le dispositif frontal par un système périphérique entourant l'auditoire.

Les différentes possibilités de cette technique (localisation, directivité, sources focalisées, réverbération) seront illustrées à partir du traitement des signaux des microphones d'appoint utilisés pour enregistrer les différentes sections instrumentales.

Présentations des études des formats d'écoute multicanal
réalisées dans le cadre de la 8^e Semaine du Son
par le Cnsmdp et l'Ircam

Avec la participation de :

Chœur de chambre **Les Temperamens Variations** et l'ensemble vocal **Profs en C(h)œur**,
Direction Thibault Lam Quang (<http://lestemperamens.free.fr>)

Les étudiants du Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris
Benjamin Attahir, **violon, composition**
Anne-Sophie Le Rol, **violon solo**
Adrien Jurkovic, Boris Borgolotto, Marc Desjardins, Florian Holbe, Oriane Carcy, **violon**
Ganaël Schneider, **orgue**
Benjamin Attahir, **classe de composition**
Patrick Kenny, **sacqueboute** (Guildhall school of Music and Drama)

Les étudiants du Conservatoire à rayonnement régional de Paris
Lucas Perruchon et Taehyun Cha, **sacqueboute**

Les étudiants de 3^e année de la Formation Supérieure aux Métiers du Son
Julien Carton – j.carton@laposte.net
Capucine Catalan – capucine.catalan@yahoo.fr
Valentin Couineau – valentin.couineau@gmail.com
Marie Delorme – marie.delorme@hotmail.fr
Alice Legros – alicelegros@gmail.com
Dominik Streicher (Hochschule für Musik – Detmold) – streicher.dominik@googlemail.com

Jean-François Boukobza, **professeur d'analyse musicale**

Catherine de Boisheraud, **responsable du service audiovisuel**
au Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris – cdeboisheraud@cnsmdp.fr

Jean-Marc Lyzwa, **ingénieur du son**
au Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris – jmlyzwa@cnsmdp.fr

Pierre-Antoine Signoret, **ingénieur du son**, société LGS-Le Grenier à Son – www.legrenierason.com

Markus Noisternig : **chercheur** à l'Ircam – Markus.Noisternig@ircam.fr
Olivier Warusfel : **chercheur**, responsable équipe Espaces acoustiques & cognitifs à l'Ircam
Olivier.Warusfel@ircam.fr

Technique Ircam
ingénieur du son : Clément Marie
régisser son : Enora Le Gall
régisser général : Frédéric Vandromme
régisser lumière : Timothé Bahabanian

Photographies : Clément Arcamone

Jean-José Wanègue

Liv' Lezart – contact@livlezart.fr
<http://www.livlezart.fr>
jjwanegue@wanadoo.fr

Présentations des études des formats d'écoute multicanal
réalisées dans le cadre de la 8^e Semaine du Son
par le Cnsmdp et l'Ircam



Cnsmdp
209 avenue Jean Jaurès
75019 Paris
www.cnsmdp.fr



La Semaine du Son
52 rue René Boulanger
75010 Paris
www.lasemaineduson.org



Ircam
1 place Igor-Stravinsky
75004 Paris
www.ircam.fr