

L'approche scientifique appliquée à la prise de son

Michael Williams

Consultant

62 bis, quai de l'Artois

94170 Le Perreux sur Marne

Tel. : 01 48 81 46 32

Fax : 01 47 06 06 48

E-mail : mw@aes.org

La plupart des preneurs de son pourront affirmer que l'interprétation artistique joue un rôle dominant dans cette activité et exclut donc, presque totalement, une approche scientifique. Certes, si l'appréciation subjective et artistique doit rester le critère essentiel pour juger du compromis optimum, face aux différentes contraintes autour d'une prise de son, l'analyse des difficultés rencontrées au cours de chaque étape de ce processus doit s'appuyer sur une solide connaissance des principes de l'acoustique physique, et de chacun des paramètres d'une prise de son.

Cette analyse, la plupart du temps, fait apparaître des directions d'expérimentations plus fructueuses, ou tout simplement évite beaucoup de temps perdu.

Mais il est aussi indéniable que de nombreuses prises de son sont pratiquées par des personnes ayant un minimum de formation scientifique, mais qui dans beaucoup de situations obtiennent des résultats tout à fait acceptables, voire excellents, soit par tâtonnement, soit en utilisant l'accumulation d'années d'expérience et d'expérimentation. Et, bien entendu, l'intuition, l'imagination, l'improvisation, et même l'erreur, peuvent aussi être à l'origine de développements intéressants, comme d'ailleurs dans le domaine de la recherche scientifique.

L'essentiel, dans cette démarche vers le compromis optimum, est de rester sensible à la signification de chaque modification d'approche par rapport au résultat final recherché, et surtout d'être influencé uniquement par notre perception auditive de l'image sonore. Mais comme chacun le sait, le sens auditif est un sens faible qui peut être facilement influencé par l'intellect ou par la vue – et, dans certains cas, on peut malheureusement «entendre ce qu'on a envie d'entendre». Le métier de preneur de son est également entouré d'un ensemble de «oui- dire» sans réel fondement, souvent renforcé par de nombreux écrits dans des revues et même des livres. La transmission de recettes de prise de son est absolument à proscrire en faveur d'une éducation d'écoute approfondie, soutenue par de réelles connaissances, de l'acoustique musicale, et des paramètres de la prise de son.

L'accélération de l'avance technologique, au cours des 10 à 15 dernières années, n'a pas seulement rendu la prise de son, l'enregistrement et la post-production, plus accessibles à un plus grand nombre, mais a aussi apporté de réels changements dans les méthodes de prise de son et de restitution – et ceci malheureusement pas toujours dans le sens d'une amélioration de l'image sonore !

La prise de son et la méthode de restitution sont fondamentalement indissociables – la prise de son doit être conçue en fonction du système de reproduction sonore. De ce fait, les objectifs de chaque preneur de son et leur approche pratique de la prise de son sont très différents suivant les contextes dans lesquels elle se pratique :

- La sonorisation de conférences ou de spectacles vivants – ou le seul objectif doit être de transmettre le son correctement au public présent dans la salle ;
- La prise de son pour le cinéma, ou télévision/vidéo – le son est essentiellement un soutien à l'image ;
- La prise de son pour les media de l'audio (CD, SACD, DVD audio, MP3, etc.) – la prise de son a une tout autre problématique, étant donné que l'ouïe est le seul sens à satisfaire. Mais les conditions de l'écoute peuvent aussi être extrêmement variées.

Certes, les principes de base de l'acoustique et de la technologie audio forment un tronc commun entre la pratique de la prise de son dans chacune de ces différentes «industries» ou média, mais chaque contexte nécessite une approche fondamentalement différente.

Sonorisation de conférences

La sonorisation de conférences pourrait être considérée comme une fonction purement utilitaire. Bien que ce soit le cas dans la plupart des situations, beaucoup de temps passé à la recherche et à la mise au point de l'installation vise à améliorer le taux d'intelligibilité à la réception, et à faire un réel effort pour diffuser une qualité de timbre satisfaisante pour le plus grand nombre. Le développement

des «*line arrays*» [1] (décrit par Xavier Meynial dans ce numéro) est une illustration intéressante d'amélioration dans ce contexte.

Cependant, il est regrettable que le paramètre de localisation de la source sonore d'origine ne soit pris en considération que dans un petit nombre de situations, et là encore souvent avec l'appui de technologies très sophistiquées. Dans la plupart des cas, la tendance actuelle est malheureusement de créer des images sonores sans réelle correspondance avec la source acoustique naturelle. Le public l'accepte, ou du moins ne se plaint pas de cette situation. On peut espérer qu'une formation scientifique plus au fait des techniques de sonorisation évoluées pourra améliorer progressivement cette situation.

Les différentes options de prise de son dans ce contexte sont réduites au minimum, c'est-à-dire au choix entre un micro sur pied, un micro «cravate» (ou «Lavallière»), ou l'utilisation d'une liaison radio sans-fil (dite «micro HF» ou «*wireless*» en anglais). Le preneur du son peut aussi faire appel à des appareils comme l'égaliseur (manuel ou automatique), pour réduire l'effet Larsen – c'est-à-dire l'apparition d'un sifflement provenant de la liaison acoustique entre le micro et l'enceinte acoustique, associée à l'amplification électronique du signal. L'utilisation d'un léger retard ou décalage fréquentiel peut aussi faire reculer le seuil de «Larsen».

Le respect de la «loi du premier front d'onde», aussi appelée «effet de précedence», peut aussi améliorer le confort de l'écoute. En retardant le son venant de chaque rangée d'enceintes de telle sorte que l'auditeur perçoive le son direct en premier, on maintient l'impression de localisation sur la source réelle. Le retard pour chaque rangée d'enceintes doit évidemment augmenter au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la source.

Sonorisation de spectacle

Il n'est plus possible de considérer la sonorisation d'un spectacle «*live*» comme le simple renforcement du son d'origine, comme pourrait le laisser entendre le terme anglais pour sonorisation : «*sound reinforcement*». La sonorisation de spectacle est devenue un véritable «*show*» en elle-même! Certes, la distribution homogène du timbre, et évidemment une bonne intelligibilité pour l'ensemble de l'auditoire, sont maintenant une nécessité. Mais la puissance de diffusion, et de nombreux effets sonores additionnels, ont associé à cette simple fonction de renforcement de niveau un domaine de création artistique spécifique. L'arrivée de l'écran vidéo dans le spectacle est devenu un autre élément de création artistique, de telle sorte qu'on peut se demander si l'artiste n'est pas en train de devenir un simple figurant! Avec l'appui de technologies de plus en plus puissantes, ce goût pour le gigantisme peut aussi profiter à un nombre de spectateurs de plus en plus élevé, allant de plusieurs centaines à quelques milliers.

La prise de son pour ce genre de spectacle fait appel à toutes les techniques possibles à condition d'être à proximité pour minimiser le risque de «Larsen». Le micro sans-fil joue ici un rôle prépondérant pour tout ce qui est chant collectif et souvent pour le chant individuel. Le développement de la technologie des micros HF, permettant d'utiliser

simultanément des dizaines de micros sur une même scène, a été une véritable révolution dans les techniques et approches de la prise de son. Le contexte de diffusion devient aussi très complexe et techniquement sophistiqué pour satisfaire aux énormes puissances nécessaires, tout en tenant compte d'un souci supplémentaire, celui de la santé auditive du public – les puissances élevées pouvant créer des traumatismes auditifs irréversibles.

Les techniques de localisation des artistes ont été portées à un niveau de perfection ultime par les travaux de Gerhard Steinke [2] dans le développement du système de «*Delta Stereophony*» dans les années 70-80. Dans cette approche de la sonorisation, chaque zone d'activité artistique est traitée comme une source de son direct qui peut être soit un son naturel direct, soit une source locale de sonorisation. L'intensité sonore et le retard vers chaque groupe d'enceintes, sonorisant chaque partie des spectateurs, sont traités de telle sorte que l'effet de précedence est respecté (à l'intérieur d'une fourchette de 6 dB et ~20 mS) – le son est donc localisé vers la source directe du son. Cette technique de sonorisation peut être appliquée à des auditoriums de plusieurs milliers de personnes.

Prises de son pour les médias audio-visuels

Les techniques de prise de son pour le cinéma et la télévision ont aussi subi une évolution profonde depuis au moins une quarantaine d'années. À l'époque où j'ai commencé à apprendre ce métier à la *BBC Television* à Londres, au début des années soixante, le «*boom-man*» (perchiste) devait créer une perspective sonore directement identifiable avec l'image. À cette époque, on pouvait affirmer que «on voit avec ses oreilles et on écoute avec ses yeux»! Ainsi, le son devrait suggérer à l'auditeur une image qui corresponde à l'image sur l'écran («on voit avec ses oreilles»), et le perchiste devait savoir utiliser la directivité de son micro de telle sorte que la position du microphone par rapport aux comédiens reproduise la perspective sonore requise («on écoute avec ses yeux»).

Mais déjà à cette époque, une grande partie de l'industrie du cinéma avait relégué le son direct au rang d'un simple son témoin, au profit du doublage des pistes de dialogue en studio. L'évolution remarquable de la fiabilité et la miniaturisation des microphones sans-fil, plus l'inévitable pression pour réduire le temps de tournage, ont conduit de nombreux preneurs de son à équiper chaque artiste avec un micro HF individuel. Toute tentative de créer une perspective sonore semblable à l'image visuelle, était alors générée par traitement du son via des appareils analogiques ou numériques, soit au moment de la prise de son, soit ultérieurement pendant les étapes de post-production.

Mais là encore, il semble que le public ne cherche plus cette identité sonore réelle par rapport à l'image. La grande quantité de films ou d'émissions de télévision qui est doublée dans une langue différente de la langue d'origine du tournage ne fait rien non plus pour développer dans le public une sensibilité à l'identité entre l'image et le son. Le son est devenu une fonction purement utilitaire, et le domaine de création, s'il existe, a été transféré vers les étapes de mixage ou tout simplement vers un processus complexe de post-production.

Malgré cette situation peu encourageante, il existe tout de même un certain nombre de réalisateurs et de preneurs de son qui sont toujours prêts à prendre le temps de réaliser des images sonores dignes de ce nom – on pourrait citer comme exemple, un film récent – Les Choristes – pour lequel nous sommes immergés dans une image sonore en totale harmonie avec l'image à l'écran. De plus, l'ambiance sonore y est souvent utilisée d'une façon remarquable pour décrire l'environnement autour de l'image à l'écran.

Mais il faut dire que là encore aucune approche scientifique n'est envisageable, étant donné que le jugement subjectif et artistique est de règle, et la science, si science il y a, est une science concernant la connaissance des techniques et technologies des outils de prise de son, ou de ceux qui sont utilisés en mixage ou post-production. On peut même dire qu'une approche scientifique dans ce contexte n'a justement pas de sens.

Les médias de l'audio

Les médias de l'audio «pure» ont plusieurs contextes et plusieurs approches possibles. Entre les différents formats :

- La mono (oui elle existe encore !),
- La stéréo,
- Le multicanal (5.1), ou
- Les systèmes multicanaux ;

les différents media :

- La radio,
- Le CD,
- Le SACD-DVD-audio-Blue Ray,
- Le MP3, etc. ;

et les différentes approches de la prise de son, utilisant :

- un ensemble de micros à proximité des instruments de musique (le multimicro),
- un seul système de microphones, dit *array*, ou
- la combinaison des deux approches ;

les possibilités sont vraiment multiples, sans parler de tous les moyens électroniques et informatiques capables de fabriquer des sources et images sonores. Le développement de ces dernières nécessite une maîtrise scientifique parfaite du domaine électronique et informatique, mais dépasse sensiblement le cadre de cet article.

Depuis les années soixante, la tendance est à utiliser la technique de prise de son de proximité, même en studio, laissant la liberté au preneur de son d'ajouter lui-même une réverbération dite «artificielle» (par traitement électronique), et aussi de traiter le signal de chaque source sonore par une multitude d'appareils périphériques telle qu'égaliseur, limiteur/compresseur, «noise gate», etc. Le développement de l'utilisation des processeurs de signaux numériques (DSP pour *Digital Signal Processing*) permet aussi d'obtenir des effets sonores originaux et souvent spectaculaires.

La prise de son de proximité (au plus près de la source sonore) présente une difficulté majeure dans la mesure

où le rayonnement sonore d'un instrument de musique est extrêmement complexe à proximité de l'instrument - il est donc difficile de positionner le micro pour une captation de timbre équilibrée. De plus, la captation de la réverbération générée par l'environnement de l'instrument est aussi un élément important dans la perception du «vrai» timbre de l'instrument. Dans le domaine de la reproduction stéréophonique, la prise de son de proximité supprime malheureusement la dimension acoustique naturelle de l'instrument. Néanmoins, la prise de son de proximité, qui donne la liberté de manipuler librement le son d'origine, permet au preneur de son de créer des sons tellement alléchants que cette technique de prise de son est maintenant largement dominante.

La prise de son de musique classique reste encore un domaine où le preneur de son utilise souvent un micro ou un dispositif central de micros («array» en anglais) pour capter une image sonore dans son ensemble. Cette technique de prise de son a le mérite de capter toute la complexité de l'architecture acoustique formée par les nombreuses sources de sons directs et le champ complexe des réflexions. La captation du premier groupe de réflexions et la réverbération générale jouent un rôle très important dans l'impression d'espace qu'on peut avoir à la restitution.

L'objectif de ce type de prise de son est de donner à l'auditeur l'impression d'entendre «le plus naturellement possible» le son d'origine. Il faut toujours se rappeler qu'il ne s'agit que d'une impression de naturel, étant donné que la restitution de ce type de prise de son ne peut en aucune mesure reproduire la complexité de la propagation du champ sonore d'origine. Il est même tout à fait remarquable de constater que la reproduction de seulement deux ou cinq canaux (ou davantage), peut nous donner l'illusion de percevoir des images virtuelles entre chacune des enceintes acoustiques, et ainsi d'avoir l'impression de baigner d'un champ sonore naturel. On doit une fière chandelle à Blumlein [3] pour ses travaux (dans les années trente) qui furent à l'origine de la découverte de la reproduction sonore stéréophonique en utilisant, comme système de captation du son, un système de microphones bidirectionnels qui coïncident avec les axes des microphones à 90° l'un par rapport à l'autre.

La prise de son utilisant uniquement un *array* est malheureusement trop peu fréquente – il est rare que les conditions nécessaires pour obtenir une bonne prise de son avec un *array* unique soient réunies. La raison est simple dans la mesure où aucun système de microphones ne peut restituer la profondeur (la distance) correctement - un microphone a tendance à augmenter notre perception de la profondeur ou de la distance par rapport à la distance réelle de la source sonore. Autrement dit, les microphones doivent être placés toujours plus près de la source sonore par rapport à notre perception naturelle à une position donnée. Si l'on peut disposer les instruments de musique individuellement en tenant compte de cette limitation, il est alors possible d'obtenir des enregistrements d'une qualité

Nota : le mot anglais «array» m'a toujours paru difficile à traduire d'une façon satisfaisante en français : «antenne de micros» me semble le sens le plus proche, mais il n'est pas complètement satisfaisant, donc je retourne presque inévitablement à l'utilisation du mot «array» pour sortir de ce dilemme ! Par la suite, tout mot anglais (ou franglais) sera donc signalé par des italiques.

exceptionnelle en utilisant un unique *array*. Sinon, il faut faire appel à des micros d'appoint placés, soit individuellement à proximité des instruments, soit sur un groupe d'instruments. Cette technique de «renforcement» nuit sensiblement à la qualité de restitution d'un simple *array*, mais ceci peut être évité en utilisant une technique [4] qui retarde ces microphones d'appoint de telle sorte qu'ils se placent (dans l'échelle du temps des réflexions acoustiques) dans le premier groupe de réflexions (voir Figure 1). De cette façon, l'intégrité du son de l'*array* principal est conservée.

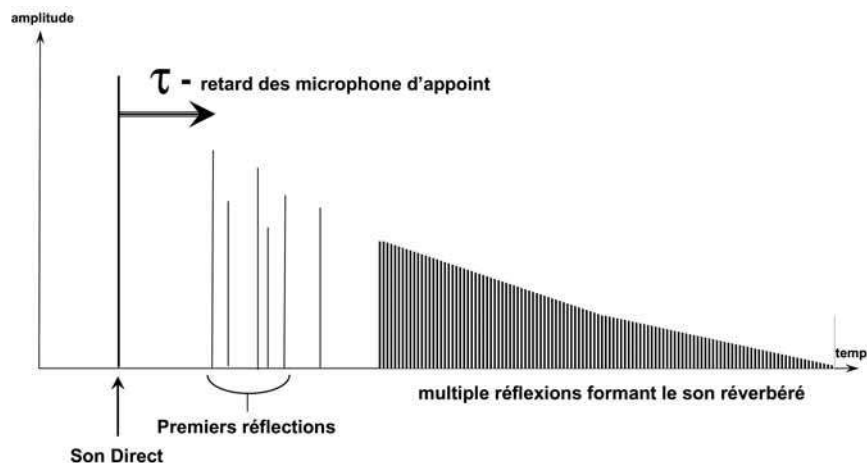


Fig. 1 : Le son direct, les premières réflexions et le son réverbéré

C'est dans le développement de systèmes de prise de son de type *array* que j'ai travaillé depuis maintenant presque 25 ans. Ce travail de recherche et développement pourrait être considéré comme un exemple de démarche pour prendre en compte simultanément les caractéristiques physiques des microphones, les propriétés psycho-acoustiques de l'écoute stéréophonique ou multicanal, et les objectifs d'un preneur de son. Les mesures psycho-acoustiques concernent surtout l'analyse des caractéristiques de localisation stéréophonique et multicanal ; les aspects physiques concernent les mesures de directivité des différents microphones et leur modélisation mathématique. Le preneur de son a en effet besoin d'un outil de prise de son ayant des caractéristiques ajustables et bien documentées, de telle sorte qu'il puisse choisir une configuration optimale dans un contexte de prise de son donné.

Le reste de cet article sera ainsi consacré à la description de cette approche connue en anglais sous l'acronyme de MMAD : *Multichannel Microphone Array Design*.

Les mesures psycho-acoustiques

Commençons par les caractéristiques de l'écoute stéréophonique dans le contexte de la configuration de l'écoute normalisée (en triangle équilatéral). On doit essayer d'estimer des valeurs de «différence de niveau» (ou «différence d'intensité») et de «différence de temps» entre les deux canaux de la stéréophonie, ces différences étant nécessaires pour obtenir la localisation d'une source sonore à une position donnée. Pour que ces mesures soient directement applicables à un système de prise de son, la

captation de signaux d'origine acoustique doit se faire à l'aide de microphones de studio de qualité professionnelle, et avec des sources sonores naturelles. Le résultat de ces mesures est sensiblement différent des résultats de laboratoire utilisant des artifices électroniques pour créer les différences de niveau et de temps, et des sources sonores artificielles telles que bruit blanc (ou rose) en bande large ou étroite. La captation d'une source sonore par des microphones prend naturellement en compte la largeur acoustique intrinsèque de celle-ci, et intègre les caractéristiques inhérentes aux microphones.

Enfin, une source sonore naturelle satisfait le sens de l'auditeur pour la reconnaissance, semble-t-il nécessaire, de celle-ci (une fonction dite «cognitive»). Des caractéristiques de mesure psycho-acoustiques (ou perceptives) ont été réunies dans la série de mesures fait par Gert Simonsen [5] en 1985 dans le laboratoire de psycho-acoustique de l'Université technique de Lyngby au Danemark. Ces mesures ont donné des informations de localisation - pas seulement vers les extrémités du champ de restitution (les enceintes acoustiques), mais aussi à des points intermédiaires (à 10° et 20°) par rapport au centre du champ de restitution stéréophonique.

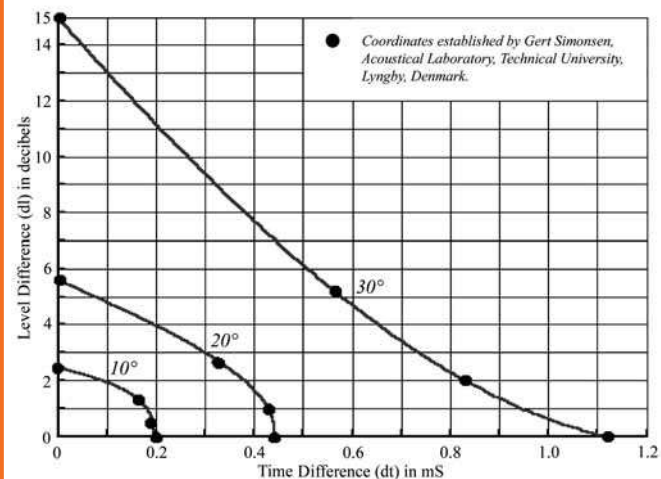


Fig. 2 : Coordonnées de localisation de Simonsen

Un modèle mathématique de directivité

La deuxième étape consiste à utiliser un modèle mathématique simple pour les différentes directivités des microphones, et à vérifier que celui-ci correspond bien à la réalité, ou au moins pour les segments de directivité utilisés pour la prise de son stéréo - dans la limite de la bande passante perçue par l'oreille :

$$\text{directivité} = A + B \cdot \cos(\alpha)$$

Cette relation donne la réponse d'un microphone du premier ordre à une source sonore située à un angle α par rapport à l'axe de directivité, sous forme de la combinaison linéaire de deux directivités (omnidirectionnel et bidirectionnel) avec des facteurs A et B ($A + B = 1$). La figure 3 montre la valeur des coefficients A et B pour les directivités usuelles.

Directivité	Coefficients	
	A	B
Omnidirectionnel	1	0
Hypocardioid	0,66	0,34
Cardioid	0,5	0,5
Supercardioid	0,366	0,634
Hypercardioid	0,25	0,75
Bidirectionnel	0	1

Fig. 3 : Table des directivités

Les directivités des microphones électrostatiques de studio ayant un diamètre de diaphragme égal ou inférieur à 12 mm semblent bien correspondre au modèle mathématique, jusqu'à un angle de 100° à 120° par rapport à l'axe de directivité. Dans ce contexte, il faut bien faire la différence entre la directivité d'un microphone mesurée avec un signal sinusoïdal, et la perception de cette directivité avec des sources sonores naturelles (ou mesurée par bandes d'octave), illustrée en Figure 4 (les lignes en pointillés représentent le modèle mathématique).

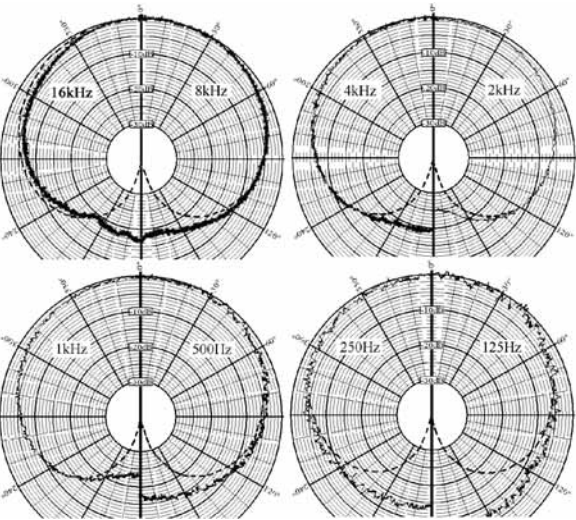


Fig. 4 : Directivité mesurée en bandes d'octave

L'angle de prise de son stéréophonique

Si on réunit ces deux ensembles de mesures (psycho-acoustique et physique), on peut déduire deux caractéristiques importantes dans l'étude de chaque système de prise de son par microphone array. Le diagramme de la figure 5 montre à la fois les caractéristiques d'évolution de «différence de niveau (dl)» et de «différence de temps (dt)» en fonction de la position de la source sonore, et pour une configuration donnée – par exemple un array stéréophonique ayant 30 cm entre les capsules et 90° entre les axes de directivité des deux microphones cardioides.

En général, l'intersection entre les données physiques (la courbe de variation de «dl» et «dt» en fonction de la position de la source sonore) et les données psycho-acoustiques (valeurs de «dl» et «dt» pour la localisation à 30°) nous permettent de déterminer «l'angle stéréophonique de prise de son» (*Stereophonic Recording Angle – SRA*).

Pour la combinaison 30 cm/90°, le SRA est de +/- 45° (un total de 90°). En faisant cette opération pour un ensemble de combinaisons de distance et angle entre les microphones, on obtient le faisceau de courbes qui correspond aux différents angles de SRA. Le même travail peut être fait pour chacune des différentes directivités de microphones. Une explication donnant plus de détails concernant

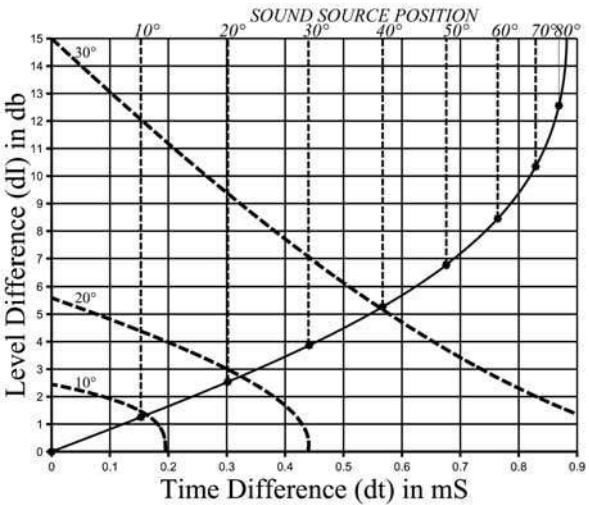


Fig. 5 : dl/dt pour 30 cm/90° cardioides

cette démarche ainsi qu'un ensemble de *SRA Diagrams* sont donnés dans les références [6,7]. Des exercices d'entraînement à la perception de ces caractéristiques de restitution des sources sonores y sont aussi décrits en détail. Ces diagrammes constituent notre référence pour la mise au point de systèmes de prise de son stéréophonique adaptés à chaque situation de prise de son rencontrée.

La distorsion angulaire

L'intersection des données physiques et des données psycho-acoustiques, pour la localisation de sources à 10°, 20° et 30° permet de déterminer la non-linéarité de restitution des sources sonores, c'est-à-dire les caractéristiques de distorsion angulaire pour chaque combinaison distance/angle. Il y a probablement plusieurs méthodes pour représenter cette caractéristique, mais la méthode figurant sur les abaques SRA est illustrée par les figures 7, 8 et 9 page suivante.

Pour les 5 positions de la source sonore A, B, C, D, E illustrées en figure 7, si aucune distorsion angulaire n'était présente, on devrait trouver la situation de restitution décrite par la figure 8. La figure 9 montre par contre une situation correspondant à 5° de distorsion angulaire : les sources sonores B et D sont déplacées de 5° vers les enceintes.

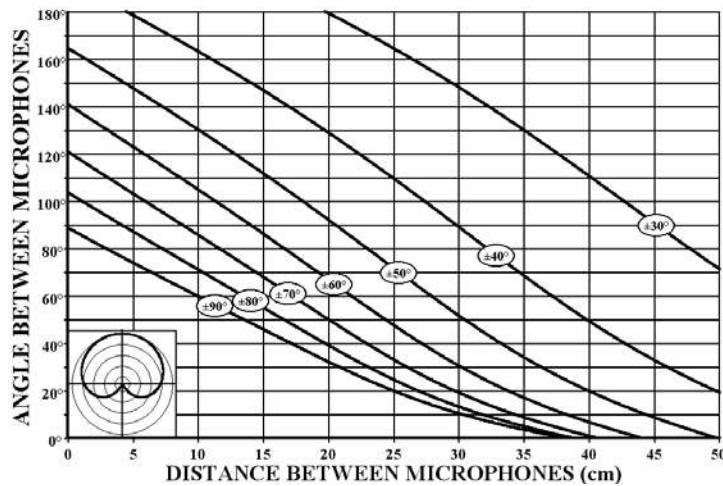


Fig. 6 : Diagramme SRA pour Microphones cardioides

Ce déplacement appelé «distorsion angulaire» varie normalement d'un minimum d'environ 4° à un maximum de 9°. Ces caractéristiques de distorsion angulaire sont portées dans des carrés sur l'abaque des SRAs de la figure 10.

Une analyse plus détaillée est disponible dans la référence [6].

La migration de la stéréo vers le multicanal

En 1991, j'ai décrit pour la première fois l'extension des principes de l'array stéréophonique à une véritable reproduction du champ sonore environnant (*surround sound*) à l'aide de 4, 5 ou 6 canaux [8]. Cette évolution repose sur l'idée de segmentation du champ

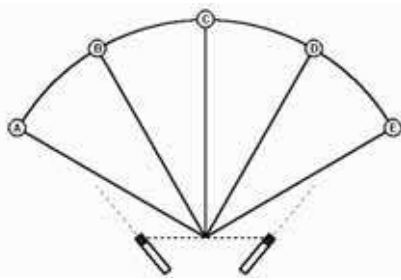


Fig. 7 : Cinq sources sonores A-B-C-D-E

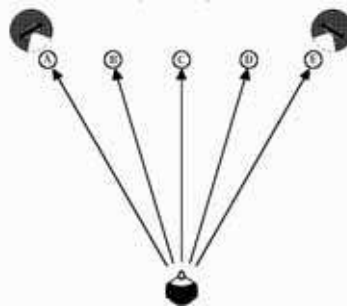


Fig. 8 : Pas de distorsion angulaire

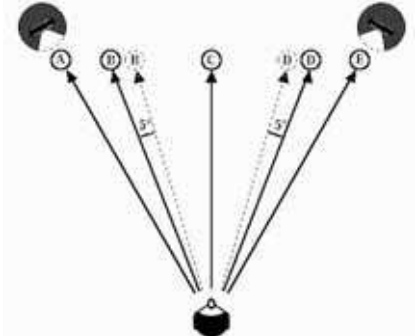


Fig. 9 : 5° de distorsion angulaire

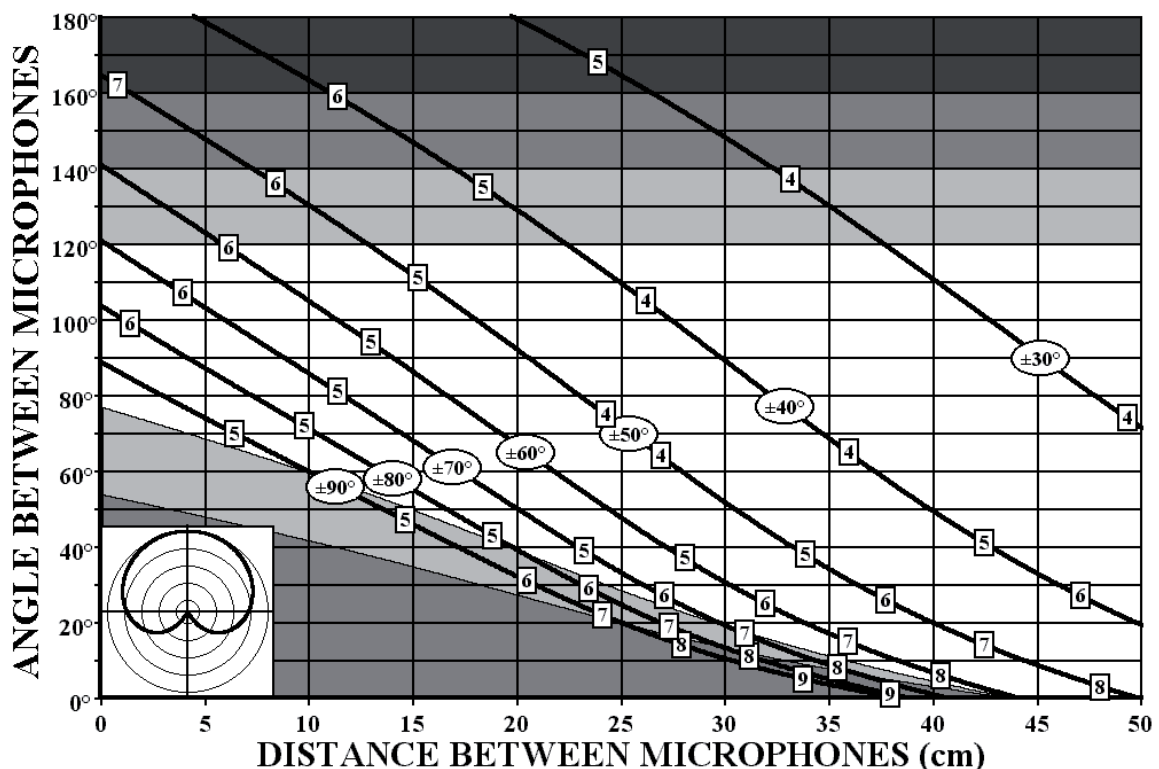


Fig. 10 : SRA pour Cardioides montrant le taux de distorsion angulaire dans les carrés

sonore : on considère chaque segment angulaire comme un champ sonore à reproduire par deux microphones, c'est-à-dire par une paire stéréophonique – l'ensemble des paires étant réunies pour créer un *array multicanal*. Par exemple, un système à 4 canaux (système quadraphonique) avec 90° entre microphones et enceintes acoustiques est illustré par les figures 11 et 12.

On peut déduire de l'abaque de la figure 10 qu'il faut avoir 25 cm entre les capsules des microphones pour couvrir un champ sonore de $\pm 45^\circ$ (90° en tout). Un *array* de 4 microphones à 90° et 25 cm nous permet ainsi de restituer le champ sonore sur 360° d'une façon continue, et avec un minimum de distorsion angulaire. Il faut noter que si l'angle entre les enceintes est de 90° , le champ sonore doit aussi être divisé en 4 segments égaux. Cette technique peut être généralisée aux systèmes à 5 ou 6 canaux, ou même plus.

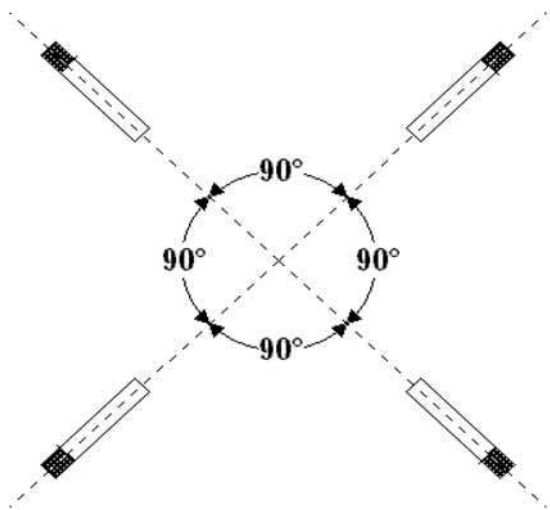


Fig. 11 : Array quadraphonique

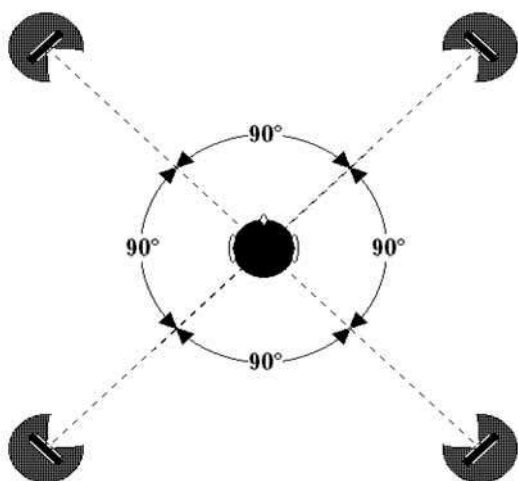


Fig. 12 : Configuration des haut-parleurs pour quadraphonie

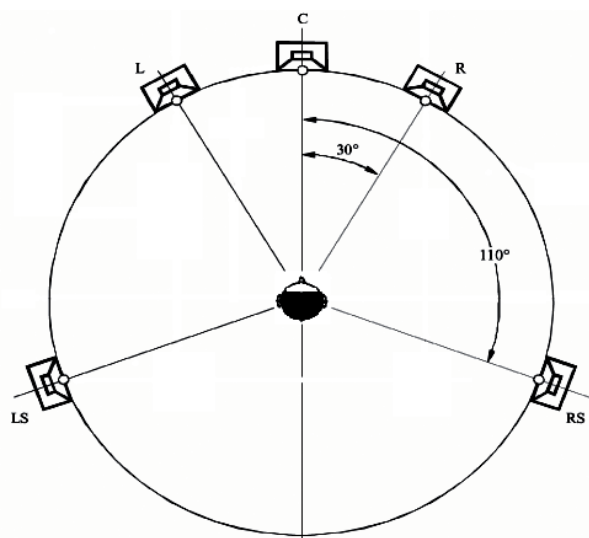


Fig. 13 : Configuration normalisée d'écoute multicanal : recommandation I.T.U. - BS.775-1

Ce système de segmentation du champ sonore en segments égaux est de loin le plus satisfaisant pour une reproduction purement sonore. La normalisation de la configuration de l'écoute multicanal (à 5 canaux) illustrée en figure 13 a malheureusement donné priorité à l'utilisation du son comme support de l'image (les systèmes de reproduction déjà installés dans les cinémas étaient l'élément principal de ce choix).

Il est indéniable que l'arrivée du home-cinéma n'a fait que renforcer cette situation alors que cette configuration est loin d'être idéale pour la reproduction sonore elle-même – mais comme souvent il faut se faire une raison !

Les caractéristiques de résolution et distorsion angulaire en multicanal

Avant d'étudier les processus de *Multichannel Microphone Array Design (MMAD)* il faut voir de plus près les caractéristiques de restitution du champ sonore qui nous sont imposées par cette configuration standard d'écoute. Tout est conditionné par l'angle entre chaque enceinte et la position de chaque segment virtuel par rapport à l'auditeur.

La première chose à prendre en considération est que l'angle de la prise de son reste sensiblement identique lors de la restitution. En ce qui concerne la distorsion angulaire, plus l'angle est réduit, plus le taux de distorsion angulaire est faible - et inversement, le taux de distorsion angulaire augmente considérablement avec des angles supérieurs à 90° . De plus, du fait des caractéristiques de l'écoute naturelle, les sources sonores (réelles ou virtuelles) se trouvant de chaque côté de la tête (à 90° et 270°) sont perçues avec beaucoup moins de résolution angulaire (précision ou « netteté ») par rapport aux sources situées devant l'auditeur.

Il est remarquable de constater que les sources virtuelles manifestent sur ce point les mêmes caractéristiques que la perception des sources réelles, bien que dans le

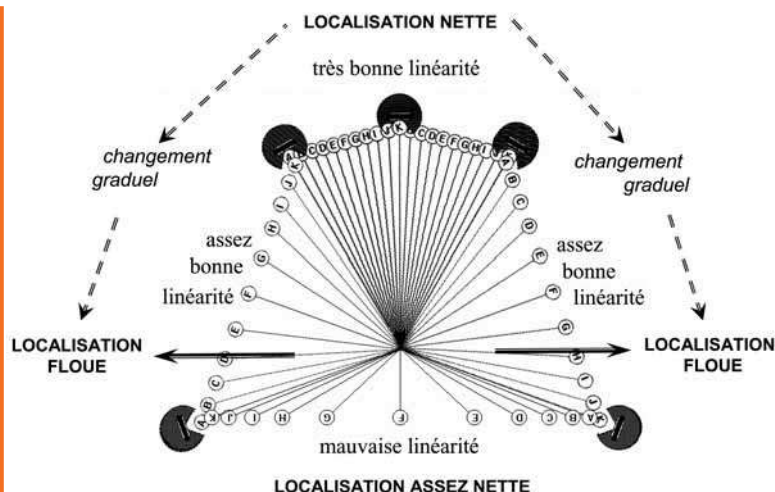


Fig. 14 : Localisation et linéarité

contexte de l'écoute multicanal, et pour la reproduction des segments latéraux, les enceintes soient toutes placées dans une position où notre écoute est relativement performante. L'ensemble de cette situation est illustré par la figure 14.

L'évolution vers le système d'array à segmentation variable

Le système à segments égaux décrit ci-dessus, restitue une image sonore d'une façon tout à fait satisfaisante dans de nombreuses situations, mais en pratique - dans la prise de son multicanal comme dans la prise de son stéréophonique - il est souhaitable de garder une certaine flexibilité dans le choix des angles de couverture de chaque segment de l'array par rapport à la source sonore d'origine.

Le raccord parfait entre les segments de couverture (*Critical Linking*) est peut-être la difficulté majeure à surmonter dans la mise au point de telles configurations d'array. Elle nous oblige à développer des moyens pour orienter l'angle de couverture d'un segment indépendamment de l'orientation de la paire de microphones [9,10] : on appelle cette fonction en anglais «offset» ou «segment steering», ce qui peut se traduire en français par «décalage d'orientation». Ceci est illustré en figure 15. En pratique, ce décalage est obtenu en créant soit une différence de niveaux fixe entre les deux microphones (*Electronic Intensity Offset - EIO*), soit un retard fixe (*Electronic Time Offset - ETO*).

Cette même fonction de décalage peut aussi être générée par une paire de microphones asymétriques, tout en gardant la même distance et le même angle entre les microphones. Ceci est illustré en figure 16. On appelle ce procédé «*Microphone Position Offset (MPO)*» ou «décalage d'orientation par différence de position».

Dans le processus de conception d'un array, en première approximation, on peut dire que la distance et l'angle déterminent l'angle de couverture, et le décalage (*MPO - EIO - ETO*) détermine l'orientation de cet angle de couverture.

Les figures 17 et 18 montrent deux exemples d'arrays avec et sans raccordement parfait. On voit clairement figure 17 que les segments de l'array sont parfaitement raccordés (à 0°, 60°, 145° 215° et 300°), alors que celui de la figure

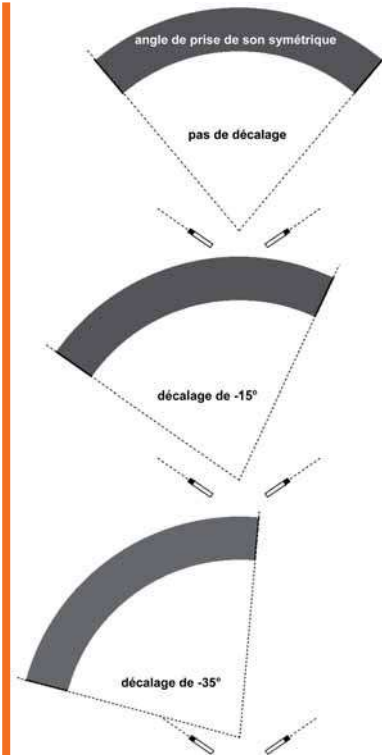


Fig. 15 : Décalage de couverture

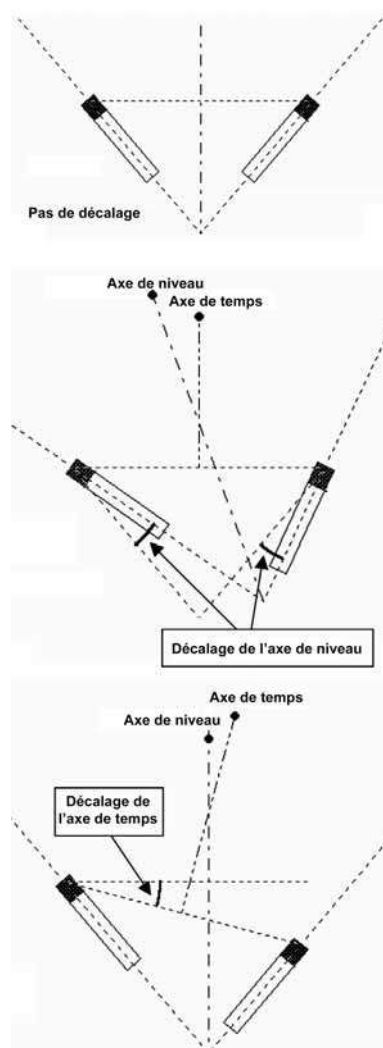


Fig. 16 : Décalage par la position des microphones (MPO)

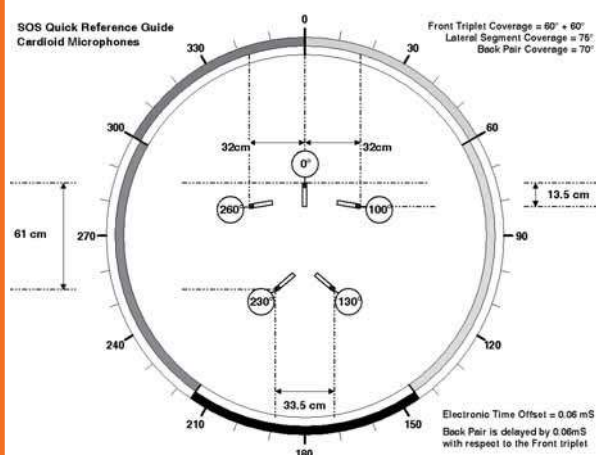


Fig. 17 : Raccordement parfait des segments

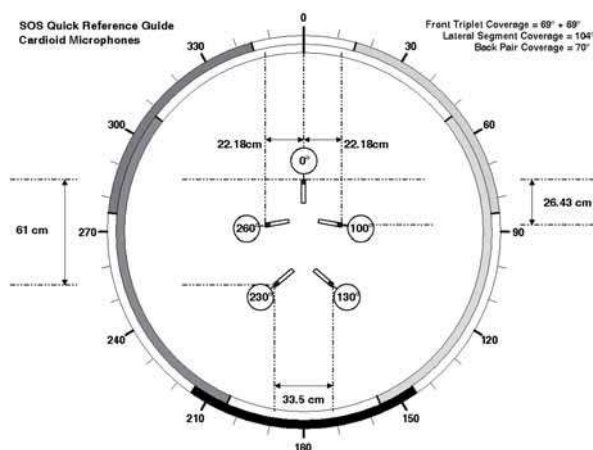


Fig. 18 : Chevauchements et zones ouvertes entre segments

18 montre soit des segments qui se chevauchent, soit des segments qui laissent une zone ouverte entre segments - les segments frontaux déterminés par les microphones Gauche, Centre et Droite (Left, Centre et Right – L, C, R) montrent une zone ouverte, par contre les segments latéraux (sur le côté gauche et droite) chevauchent les segments avant et arrière.

À l'aide de ce procédé de décalage angulaire des segments, et en respectant le critère de raccord parfait

entre les segments, il ne reste qu'à suivre le processus de MMAD jusqu'à atteindre l'objectif visé, en envisageant les très nombreux *arrays* correspondant aux différentes combinaisons d'angles de couverture possibles - et ceci pour toutes les directivités de microphones courantes. Le preneur de son a donc un large choix de configurations lui permettant de trouver la solution optimale pour une situation de prise de son donnée.

Il est impossible de donner l'ensemble des illustrations concernant les multiples choix de configurations possibles dans cet article aussi court, mais l'adresse Web suivante donne une palette d'environ 12 000 configurations, illustrant les nombreuses possibilités ouvertes par cette technique de *Multichannel Microphone Array Design* :

www.soundscot.com/MMAD_04/readme.htm

La version en CD-ROM de cette information concernant MMAD ainsi que tous les documents cités ci-dessous sont disponibles en contactant Michael Williams à l'adresse suivante : mw@aes.org.

Références bibliographiques

- [1] X. Meynial, DGRC Arrays : A Synthesis of Geometrical and Electronic Loudspeaker Arrays, Preprint 6786 – 120th AES Convention in Barcelona, 2006
- [2] G. Steinke, Sound Delay System for Large Multipurpose Halls, Preprint 1599 – 65th AES Convention in London
- [3] A. Dower Blumlein, Improvements in and relating to Sound-transmission, Sound-recording and Sound-reproducing Systems, Patent 394,325, December 1931
- [4] M. Wahr, G. Theile, H.J. Goeres, A. Persterer, Room-Related Balancing Technique: A Method for Optimizing Recording Quality – Preprint 2886 - 88th AES Convention in Paris, 1990
- [5] G. Simonsen, Masters Thesis, Technical University of Lyngby, Copenhagen, Denmark, 1985
- [6] M. Williams, Unified Theory of Microphone Systems for Stereophonic Sound Recording - Preprint 2466 – 82nd AES Convention in London, 1987
- [7] M. Williams, Microphone Arrays for Stereo and Multichannel Sound Recording, Editeur Il Rostro (Milan), ISBN 88-7365-073-2
- [8] M. Williams, Microphone Arrays for Natural Multiphony Preprint 3157 - 91st AES Convention in New York , 1991
- [9] M. Williams, G. Le Dû, Microphone Array Analysis for Multichannel Sound Recording, Preprint 4997 – 107th AES Convention in New York, 1999
- [10] M. Williams, G. Le Dû, Multichannel Microphone Array Design – Preprint 5157 – 108th AES Convention in Paris, 2000

Quelques références complémentaires

- En Français :

- F. Rumsey & T. McCormack, Son et Enregistrement - Théorie et Pratique, Editeur Eyrolles, ISBN 2212055250
 P. White, Son Live - Techniques de sonorisation de concerts et de spectacles, Editeur Eyrolles, ISBN 02212055242
 P. Walder & C. Hugonnet, Théorie et pratique de la prise de son stéréophonique, Editeur Eyrolles, ISBN 221209809X .

- En Anglais:

- B. Duncan, High Performance PA & Concert Sound Systems, Editeur Focal Press, ISBN 0240519140
 B. atz, Mastering Audio, the art and the science (2nd Edition), Editeur Focal press, ISBN 024080754590000
 H. Wyatt & T. Amyes, Audio Post Production for Television & Film (3rd Ed), Editeur Focal Press, ISBN 0240519477
 T. Holman, Sound for Film & Television (2nd Ed), Editeur Focal Press, ISBN 024080453890000
 W. Moylan, Understanding and Crafting the Mix, Editeur Focal Press, ISBN 024080483X90000
 J. Blauert, Spatial Hearing, Editeur MIT Press, ISBN 026202413690000
 F. Ruümsey, Spatial Audio, Editeur Focal Press, ISBN 0240516230