

SONORISATION

**Savoir
et comprendre**

Concepts de base

Choix

Utilisation

Electroacoustique Consultant - EaC

Ingénierie audio - Etudes et mesures acoustique - Expert en boucles magnétique pour malentendants

6 boulevard Guérin - 85300 CHALLANS

Site internet : www.eac84.com - Adresse E-mail : eac@eac84.com

Téléphone provisoire : 06 76 22 86 52

Avant-propos	3
Mise en Garde	4
Propagation et dégradation du son	5
Le système d'audition humain	7
Intelligibilité de la parole	8
Quels microphones choisir	9
Lignes électriques et de modulation	10
Réglages de tonalité et intelligibilité	11
Pourquoi des amplificateurs automatiques	12
Haut-parleurs et directivité	13
L'effet Larsen	14
Solutions pour malentendants	16
Réflexion autour d'un système de diffusion	17
Le coût d'une démarche efficace	18
En conclusion	19



- *La propagation du son est plus ou moins affectée par l'humidité, la température, le vent, ainsi que par un environnement "matériel" : parois, obstacles, sol, reliefs, etc.*
- *Le son est perçu par notre système d'audition qui dispose de caractéristiques psychophysiologiques particulières et est loin de réagir comme un simple microphone.*
- *Lorsqu'il est fait appel à une sonorisation, le son est capté, traité et restitué par des appareils électroacoustiques : micros, amplificateurs, haut-parleurs, etc. dont il convient de déterminer judicieusement les caractéristiques pour offrir la meilleure adéquation possible dans chaque cas.*

Quand il est nécessaire d'obtenir une bonne intelligibilité il faut donc toujours considérer les aspects indissociables :

- ***De l'acoustique architecturale et de la propagation du son***
- ***De la psychophysiologie de l'audition***
- ***Du traitement du signal***

La sonorisation, ça paraît tellement simple, que tout le monde se croit compétent

Au delà de ses expressions les plus courantes, la sonorisation est plus qu'un métier. Elle peut devenir une spécialité dont certains aspects peuvent être particulièrement difficiles.

- *Nonobstant, dans ce domaine où aucune formation n'est exigée, n'importe qui peut se prévaloir d'être professionnel.*

C'est sans doute la raison pour laquelle, aujourd'hui encore, tant d'installations fonctionnent de façon « approximative », hurlent ou sont péniblement compréhensibles lorsque quelqu'un prend la parole, quand elles ne sont pas accompagnées de parasites.

Il ne s'agit pas là d'une fatalité.

Ce que nous appelons communément la "sonorisation" fait appel à des connaissances variées en acoustique, en traitement du signal, en psychophysiologie de l'audition, en intelligibilité, etc.

La validation des acquis théoriques - quand ils existent - n'est effective qu'après avoir été confronté de longues années à des situations variées qui apprennent à établir les relations indispensables entre la théorie et la pratique.

On ne traite pas de la même façon un orchestre, un théâtre, un night-club, une salle de conférences, un établissement hospitalier, un lieu de culte, un amphithéâtre ou un studio d'enregistrement. Chaque cas doit faire l'objet d'une réflexion pertinente.

On est alors loin de l'empilage d'appareils plus ou moins bien adaptés, disposés et réglés.

La science infuse n'existe pas et, quand le moindre doute subsiste, il ne faut pas hésiter à procéder à des essais qui confirmeront ou infirmeront les évaluations ou les études théoriques.

En outre, à chaque fois que cela est possible, la qualité des résultats doit être confirmée par des mesures objectives.

Propagation et dégradation du son

Quand nous percevons un son, nous percevons généralement la superposition de signaux qui ont emprunté différentes voies de cheminement entre la source et nos oreilles. En l'absence de tout obstacle - cas théorique - nous percevons seulement la fraction de son qu'une source émet dans notre direction. Le reste se perd dans l'environnement.

Ce **son direct** qui nous parvient devrait en principe avoir la même qualité qu'à proximité immédiate de la source. Les spectres au départ et à l'arrivée devraient être identiques. Cela est vrai sur de courtes distances mais ne l'est plus quand on s'éloigne car le son est dégradé lors de sa seule propagation dans l'air. Cette détérioration dépend de la température, de l'humidité, du vent... et n'affecte pas toutes les fréquences de la même façon.

Le son se trouve donc, non seulement atténué avec la distance, mais aussi plus ou moins altéré du seul fait de sa propagation dans l'air.

Une autre forme de dégradation est liée aux **décalages temporels** qui peuvent prendre différentes formes.

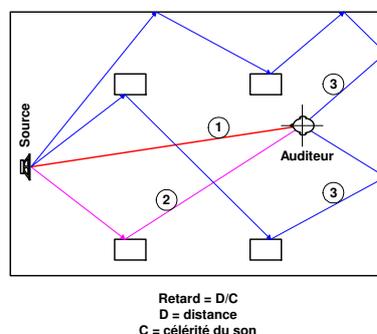
Considérons dans un premier temps le cas simple de deux haut-parleurs proches l'un de l'autre et diffusant le même signal.

Si à l'aide d'un dispositif adapté (ligne à retard) on retarde de plus en plus le signal d'un des deux haut-parleurs, on fait la constatation suivante :

- Jusqu'à environ 50/70 millisecondes de décalage les signaux sont perçus comme un seul.
- Au delà une gêne apparaît.

Dans cet exemple les signaux sont identiques et non dégradés. La gêne qui intervient n'est donc due **qu'au décalage temporel**.

En pratique, un locuteur, un instrument, un haut-parleur, n'émettent pas de façon directive comme le ferait le faisceau d'un phare. Ils émettent au contraire avec une ouverture horizontale et verticale variables assez large.



1 - Onde directe
Le son qui arrive en premier permet de situer la source

2 - Premières réflexions
Les premières réflexions renforcent le son et jouent un rôle important dans la qualité.

3 - Réverbération
Les trajets les plus longs entraînent des décalages temporels plus ou moins importants qui concourent à la dégradation de l'intelligibilité.

Dès le départ, l'énergie de chaque "rayon" sonore est variable, ainsi que sa direction.

Dans un local, ces "rayons" sonores vont frapper les parois et les obstacles sous des incidences différentes, ce qui donne lieu à une partie de billard en trois dimensions qui devient vite extrêmement complexe puisque le son se déplace à environ 340 m/s.

Les caractéristiques des parois et des obstacles rencontrés conduisent à des effets de réflexion, d'absorption, de diffusion et de diffraction, à l'occasion desquels toutes les fréquences ne sont pas affectées de la même façon.

Les rebonds du son sur les parois et les obstacles entraînent pour chaque rayon sonore des trajets différents, et donc des décalages temporels, différents.

Des déphasages apparaissent, lesquels entraînent à leur tour des atténuations ou des renforcements de certaines fréquences.

A chaque trajet entre deux rebonds la détérioration du son dans l'air intervient également.

Le son "tourne" d'autant plus longtemps que les parois sont réfléchissantes.

*Tout cela crée une "traînée" sonore plus ou moins persistante, **la réverbération**, qui englobe des phénomènes de résonance et d'écho (échos francs ou flutter écho). Le spectre initial peut être considérablement dégradé à l'arrivée aux oreilles de l'auditeur.*

En pratique les modes de propagation directs et indirects coexistent. La sensation de gêne peut s'avérer très différente selon les niveaux relatifs des sons directs et des sons réverbérés, ainsi que selon l'importance des décalages temporels et de l'altération fréquentielle.

Si la propagation du son est bien maîtrisée – cas des bonnes salles de concert – elle respecte les timbres, l'intelligibilité et l'image de la source. Dans le cas contraire elle entraîne une dégradation plus ou moins marquée qui peut aller jusqu'à l'incompréhension totale.

Il existe une corrélation entre l'intelligibilité et la durée de la réverbération¹. Toutefois, compte tenu de la complexité du "brassage" sonore propre à chaque lieu, les résultats peuvent être très différents d'un endroit à un autre. Une longue réverbération qui va se perdre dans les hauteurs d'une nef peut être moins gênante qu'une réverbération plus courte entretenue à un niveau élevé au droit de l'auditoire.

- *On retiendra que chaque lieu a des caractéristiques acoustiques particulières et qu'il est impossible de généraliser.*

Le travail du sonorisateur consiste à obtenir les meilleurs résultats possibles dans chaque cas.

Dans les cas difficiles cette recherche peut apparaître au profane comme de laborieux tâtonnements, mais il ne faut pas oublier que l'on côtoie là les aspects les plus ardues de la sonorisation. On est alors loin de la sonorisation "confortable" des salles ayant fait l'objet de corrections acoustiques préalables.

L'installateur doit généralement combattre sur deux plans :

- *Obtenir une intelligibilité suffisante de la parole (qui peut être vérifiée par des tests objectifs)*
- *Obtenir un niveau sonore suffisant avant accrochage Larsen - perceptible sous forme d'un sifflement aigu - et qui limite le gain de toute sonorisation.*

C'est parfois plus facile à dire qu'à faire.

¹ Le temps de réverbération, encore appelé TR60, est le temps que met un son pour s'affaiblir de 60 décibels après extinction de la source qui lui a donné naissance. L'ordre de grandeur d'un temps de réverbération entre 0,5 et 1 seconde est considéré comme convenable dans la majorité des cas. Entre 1 et 2 secondes le local est considéré comme réverbérant. Au dessus de 3 secondes le local est très réverbérant et souvent inconfortable. Les églises ont souvent des temps de réverbération très supérieurs à 3 secondes.

Le système d'audition humain



L'audition est une branche de l'acoustique au même titre que la propagation du son.

Oreille et cerveau entrent en jeu dans les phénomènes de perception sonore. Le corps et les os du crâne interviennent également aux extrémités du spectre.

Le système d'audition humain n'agit pas comme un simple microphone qui détecte seulement les variations de pression engendrées par les ondes sonores.

Les déphasages entraînés par la forme et la tessiture de la tête et du haut du corps permettent de situer de façon très fine l'origine d'un son en site et en azimut. Il est possible de percevoir des différences de marche de l'ordre d'une milliseconde.

L'oreille externe capte le son et le transmet à l'oreille moyenne via le tympan. Dans l'oreille moyenne les osselets acheminent le signal vers la cochlée et des muscles assurent un certain contrôle de niveau. Dans l'oreille interne le signal est alors transformé en un signal électrique dirigé vers le cerveau. Les signaux issus des deux oreilles et du corps font l'objet d'une sorte de matricage complexe et d'un décryptage qui prend en compte la mémorisation de phénomènes acquis.

Notre système de perception est sensible dans une gamme de pressions sonore considérable dont l'échelle va de 1 à plusieurs milliards. Il perçoit communément les fréquences de 20 à 20000 Hertz mais sa sensibilité varie en fonction de la fréquence et du niveau sonore. Il a un temps d'intégration en niveau de l'ordre de 200 millisecondes. Il perçoit comme un seul signal les sons dont les décalages temporels n'excèdent pas 50 à 70 millisecondes environ.

Quand les décalages temporels augmentent l'intelligibilité est rapidement perturbée. La direction d'où arrivent les sons et leurs niveaux relatifs jouent également un rôle.

Notre système d'audition est lentement affecté par l'âge et peut l'être aussi par la maladie ou par des expositions durables ou accidentelles à des niveaux sonores trop élevés.

Il convient donc d'intégrer ces considérations afin de pouvoir mettre en œuvre des sonorisations de qualité à travers lesquelles l'intelligibilité demeurera acceptable pour la majorité d'un auditoire ne présentant pas de déficiences auditives marquées.

La perception intelligible d'un message est étroitement liée à la bonne santé de l'oreille. Si une perte de sensibilité peut être compensée par une amplification du son, d'autres altérations relèvent pour leur part du domaine médical. Le sonorisateur est impuissant vis à vis de ce dernier type de problème.

Pour les personnes malentendantes il faut faire appel à des solutions dédiées telles que : des casques à fils, HF ou infrarouge, ou des systèmes boucles d'induction magnétique pour les personnes appareillées.

L'intelligibilité de la parole est un point capital dans la communication.

Il est admis que 90 % de l'énergie se situe dans le grave, mais que 90 % de la compréhension vient des aigus.

Les mots sont composés de voyelles et de consonnes.

Les voyelles ont un spectre discret qui permet de les différencier facilement - a, e, i, o, u - Elles peuvent être "maintenues" et représentent l'essentiel de l'énergie contenue dans la parole.

*En revanche les consonnes - b, f, p, t... - **qui sont indispensables au conditionnement intelligible des mots**, sont des transitoires très brefs qui peuvent être aisément affectés. Or un mot dont tout ou partie des consonnes sont altérées ou masquées devient vite incompréhensible.*

Différents facteurs entraînent une dégradation de l'intelligibilité.

- Une mauvaise articulation de la parole (certains accents)
- Une mauvaise utilisation de "l'outil" sonorisation
- L'éloignement, du fait de phénomènes de propagation du son dans l'air
- Des phénomènes acoustiques dus aux réflexions sur les parois et les obstacles
- Le choix ou la mise en œuvre incorrecte des matériels (distorsion, réverbération ou échos artificiels d'une mauvaise sonorisation)
- Des mauvais réglages
- Des bruits parasites
- Une mauvaise audition ...

Dans la pratique il n'est pas rare que plusieurs de ces facteurs coexistent, ce qui requiert un certain nombre de précautions si l'on veut obtenir une bonne intelligibilité.

Quand les lieux ne sont pas naturellement propices à une bonne intelligibilité on peut envisager une correction acoustique susceptible d'apporter l'amélioration nécessaire. Cela n'est pas toujours possible pour des questions d'esthétique ou de coût. Il ne reste alors que des solutions électroacoustiques de sonorisation pour contourner la difficulté.

Dans les endroits réverbérants - où le son tourne longtemps - tous les critères énoncés précédemment vont pouvoir se manifester. Il n'est plus question de faire croire à une hypothétique compétence et d'utiliser des produits inadaptés dont la réputation s'est établie en d'autres temps ou dans d'autres domaines d'application. On est confronté là aux aspects difficiles de la sonorisation.

Vu les nombreuses dégradations qui risquent de s'ajouter les une aux autres, il devient impératif que le système de sonorisation n'apporte pas son propre lot de distorsions. Il faut s'orienter vers des systèmes professionnels de qualité et prohiber certains matériels à vocation industrielle ou passe partout dont les performances sont insuffisantes.

On s'efforcera de capter la voie de l'orateur avec un microphone de haute qualité présentant des caractéristiques de directivité, de sensibilité et de réponse en fréquence convenables.

On veillera à placer convenablement des haut-parleurs dont la directivité est effectivement contrôlée, afin focaliser autant que possible le son sur l'auditoire et éviter d'exciter les résonances du lieu.

Il existe essentiellement deux technologies qui permettent de transformer les variations de pression sonore en signal électrique : dynamique et électrostatique.

Le microphone dynamique fonctionne sur le même principe qu'un haut-parleur, mais à l'envers. Le diaphragme, mis en mouvement par les variations de pression sonore, est solidaire d'une bobine qui se meut dans le champ d'un aimant. Ce mouvement génère un signal électrique qui reflète les variations de pression sonore. Les microphones dynamiques génèrent leur propre signal, de l'ordre de quelques millivolts. Ces microphones peuvent être d'excellente qualité bien que leur équipement mobile, de masse non négligeable, impose des limites dans les hautes fréquences.

Le microphone électrostatique fonctionne sur le principe d'un condensateur. Un condensateur est constitué de deux plaques métalliques proches l'une de l'autre, polarisées par une tension électrique. Une de ces plaques est le diaphragme du microphone. Elle est généralement réalisée en Mylar métallisé de masse extrêmement faible. Les variations de pression sonore font varier l'écartement entre les plaques et modulent la tension qui reflète les variations de pression sonore. Ces microphones nécessitent une alimentation électrique extérieure appelée "alimentation fantôme", normalement fournie par le préamplificateur ou la console de mixage. Ils offrent une réponse en fréquence étendue et bénéficient d'une grande subtilité de transcription.

Le microphone à ELECTRET est une version "simplifiée" du microphone à condensateur, dans laquelle le diaphragme est polarisé à vie par induction "d'électret". Ces micros utilisent généralement une pile destinée à alimenter l'étage électronique d'adaptation du micro. Certains modèles peuvent aussi fonctionner avec une alimentation fantôme.

La gamme des microphones à condensateur est très large. Leur sensibilité permet de s'en éloigner et de gagner en confort d'utilisation. La contrepartie de cette sensibilité est qu'ils sont potentiellement plus sujets à reprendre l'ambiance, ainsi qu'à l'accrochage Larsen perceptible sous forme d'un sifflement aigu.

Les microphones sont normalement caractérisés par leur directivité, leur sensibilité et leur réponse en fréquence. Ils peuvent avoir des caractéristiques très similaires sur le papier, donc à la mesure, mais cela n'implique pas qu'ils aient le même comportement en pratique. Aussi est-il sage, dans tous les cas, d'essayer plusieurs types de microphones afin de déterminer quels modèles s'harmoniseront le mieux à l'acoustique du lieu et aux besoins.

Les microphones plats - PZM (microphones à zone de pression) - sont appréciés pour leur discrétion. Ces microphones exploitent l'effet de surpression acoustique qui se manifeste à proximité d'une surface. Cela leur confère une sensibilité apparente très élevée mais ils ne sont pas nécessairement plus efficaces.

Les microphones délivrent tous des tensions extrêmement faibles, aussi est-il souhaitable d'utiliser un câblage "faible bruit" de bonne qualité, des liaisons symétriques, et une connectique irréprochable.

Le signal audio s'apparente à un électroencéphalogramme. Il est constitué d'un fouillis dense d'informations de faible puissance, jalonné, de-ci, de-là, de crêtes brèves mais puissantes. Sa valeur moyenne demeure relativement faible et cette particularité le rend sensible à certaines perturbations.

Le signal audio peut être "parasité" de différentes façons : par les lignes d'alimentation,, par induction, par voies aériennes, par déséquilibre de terres, etc. Aussi, négliger certaines précautions risque fort d'entraîner des effets indésirables comme des ronflettes, des bruits divers, de la détection radio, etc. Quatre types de lignes sont généralement en présence :

Les lignes électriques sont les lignes d'alimentation 230/380 Volts pour les prises de courant, l'éclairage, la force, etc. Elles font partie du domaine de l'électricité et nous ne nous étendrons pas sur leurs particularités. Elles rayonnent et sont susceptibles de véhiculer des parasites d'origines diverses et de générer des perturbations.

Les lignes de haut-parleurs véhiculent un signal AUDIO de "puissance". Toutefois, compte tenu de l'aspect du signal audio la puissance moyenne n'excède que très rarement quelques Watts ou dizaines de Watts permanents.

Les lignes de modulation à haut niveau (LINE, AUX, 0 dB) véhiculent des signaux de l'ordre de quelques centaines de millivolts à quelques Volts. Ce sont les signaux issus de la sortie d'une table de mixage, de lecteurs de C.D., de K7, etc.

Les lignes de modulation MICRO véhiculent des signaux de l'ordre du MILLIVOLT. Ces signaux extrêmement faibles, qui seront à terme considérablement amplifiés, doivent faire l'objet d'une attention toute particulière.

Les lignes de modulation peuvent être de deux types : asymétriques et symétriques

Les lignes asymétriques sont constituées de deux fils ou d'un fil entouré d'un blindage, ce dernier faisant office de deuxième fil. Ces lignes n'offrent aucune protection contre les parasites ou les phénomènes de bouclage de terre. Elles doivent être réservées à des signaux déjà pré amplifiés et à des liaisons courtes. Les câbles correspondant sont normalement munis de prises à deux contacts. Certains câbles asymétriques peuvent toutefois être munis de prises à trois contacts, ce qui est trompeur et peut amener des perturbations ou entraîner la mise en court-circuit des alimentations fantôme des microphones. Prudence donc.

Les lignes symétriques sont constituées de deux fils entourés d'un blindage. Le blindage est relié à la masse et constitue un écran de protection efficace. De plus un dispositif d'inversion de phase neutralise les éventuels parasites qui pourraient franchir le blindage. Ces lignes offrent une bonne protection contre les parasites électromagnétiques et les phénomènes de bouclage de terre. Elles peuvent véhiculer des signaux faibles sur d'assez longues distances. Les câbles correspondants sont équipés de prises à trois contacts.

Si une telle ligne se voit désymétrisée, un de ses conducteurs étant shunté avec le blindage, elle perd sa protection contre les parasites.

Intelligibilité

Egalisation et réglages de tonalité



Il peut paraître surprenant d'aborder ce problème, mais il est de fait que les classiques réglages de tonalité grave et aigu, ou grave, médium, aigu, tant répandus sur de nombreux appareils, s'avèrent souvent insuffisants.

Ces corrections élémentaires s'articulent autour d'un point fixe généralement situé aux alentours de 1000 Hertz. Elles conviennent dans les cas simples où il suffit d'équilibrer la tonalité mais sont en revanche inadéquates dans de nombreux autres cas.

En pratique :

- Le temps de réverbération varie avec la fréquence
- Les locaux sont le siège de résonances d'origines diverses
- La directivité des systèmes de diffusion n'est jamais contrôlée sur l'ensemble du spectre audio
- La courbe de réponse des systèmes de diffusion n'est pas toujours plate

Autant de raisons qui rendent bénéfique l'optimisation du couplage entre les haut-parleurs et l'acoustique du lieu. Ceci ne peut être obtenu qu'en intervenant judicieusement sur certaines fréquences, guidé par un banc de mesure². Cela permet de réduire les résonances parasites, de repousser l'apparition de l'effet Larsen, et de mettre en valeur le message utile.

Cette action ne peut être réalisée qu'avec des correcteurs multibandes, appelés "égaliseurs" qui permettent d'intervenir sur les fréquences qui posent problèmes.

De tels correcteurs peuvent généralement s'insérer dans l'installation existante. S'ils sont bien choisis et convenablement mis en œuvre ils peuvent permettre, pour un coût réduit, de tirer avantage du système existant. Un essai est facile à réaliser.

Il reste encore parfois à valoriser chaque source. C'est là qu'une correction de tonalité bien pensée, avec si possible un réglage de médium semi-paramétrique, intervient³.

Egalisation et correction de tonalité ont des raisons d'être différentes mais sont complémentaires.

Quelques appareils possèdent aussi parfois d'autres fonctionnalités qui permettent d'optimiser le niveau sonore et l'intelligibilité : noise gate, compresseur, etc.

² Un égaliseur permet d'intervenir sur plusieurs bandes de fréquences. Une égalisation pertinente ne peut se faire qu'avec un banc de mesure constitué d'un générateur de bruit rose et d'un analyseur. Il est impossible de faire une égalisation à l'oreille.

³ Les trois paramètres d'un réglage de tonalité sont : l'emphase ou l'atténuation, la fréquence à laquelle intervient ce réglage, et la largeur de bande incriminée. Une correction de tonalité classique permet seulement de relever ou d'atténuer le signal dans une bande du spectrale prédéterminée, généralement graves et aigus, parfois aussi médiums. Une correction semi-paramétrique permet de choisir à quelle fréquence apporter la correction. Enfin, une correction totalement paramétrique permet aussi de jouer aussi sur une largeur de bande de fréquences incriminée. Il est alors possible de faire des retouches très ponctuelles.

Analogique ou numérique ?



Le numérique est souvent présenté comme une panacée.

Qu'en est-il exactement ?

Pour être confrontés à l'équipement de studios utilisant des matériels analogiques et numériques, force est de constater que quels que soient les moyens utilisés la qualité à la sortie est irréprochable. Bien malin qui peut affirmer qu'un enregistrement a été réalisé en analogique ou en numérique. L'analogique semble avoir encore de beaux jours devant lui et les mélomanes ne s'y trompent pas, qui restent attachés ou reviennent à des techniques anciennes qui ont fait leurs preuves.

Il faut toutefois reconnaître que si le numérique n'a pas encore détrôné l'analogique qualitativement parlant, la numérisation du signal offre des possibilités de traitements du son qui étaient impossible auparavant. On en profite notamment au niveau du montage sonore ou des haut-parleurs, pour lesquels des possibilités inenvisageables il y a encore peu sont maintenant offertes.

En numérique l'accès aux réglages nécessite souvent l'usage d'un ordinateur et de logiciels propriétaires, ce qui rend le client captif et peut poser problème dans certains cas.

Nous retiendrons que les aspects qualitatifs ne sont pas décisifs pour peu que les matériels soient bien choisis.

On s'intéresse généralement davantage à la puissance, à la bande passante, au rendement, voir à l'esthétique, d'un haut-parleur, qu'à sa directivité.

Or, si ce dernier critère n'est pas essentiel dans certains des cas, il devient en revanche déterminant quand il s'agit d'obtenir une bonne intelligibilité dans des locaux présentant des caractéristiques acoustiques difficiles.

Le son perçu est généralement la superposition de signaux ayant emprunté différentes voies de cheminement entre la source et nos oreilles.

Le signal utile est celui qui provient directement de la source, ou peu s'en faut (premières réflexions).

Les signaux retardés par de multiples réflexions sur les parois et les obstacles environnants sont gênants. Comme au surplus toutes les fréquences ne sont pas affectées de la même façon, le spectre à l'arrivée est dégradé, ce qui nuit plus ou moins gravement à l'intelligibilité.

Il convient donc d'éviter autant que possible que des émissions indésirables aillent rebondir sur les parois et les obstacles, en focalisant le son sur l'auditoire. C'est le but visé par les haut-parleurs "directifs".

Hélas, tous les assemblages réalisés dans ce sens ne garantissent pas un bon résultat et peu de haut-parleurs à "directivité contrôlée" peuvent véritablement se prévaloir de cette appellation. Seuls quelques rares modèles sont réellement efficaces sans toutefois que l'on puisse prévoir avec certitude lesquels seront les plus efficaces dans tel ou tel cas.

Deux conceptions d'enceintes acoustiques directives coexistent :

Les modèles "classiques", c'est à dire ne faisant appel à aucun traitement spécifique du signal. Avec les meilleurs de ces systèmes on s'approche aujourd'hui des limites autorisée par les lois physiques de propagation du son. Il est permis d'attendre d'excellents résultats de certaines colonnes, notamment.

A ces colonnes traditionnelles s'ajoutent maintenant des colonnes actives processées. Elles intègrent leur propre amplification et opèrent une numérisation du signal associée à de puissants algorithmes de traitement. Cela permet de jouer sur la focalisation du faisceau sonore, sur son incidence et sur sa portée utile. Ces colonnes plus coûteuses permettent d'obtenir d'excellents résultats mais ne constituent pas pour autant une panacée.

L'acoustique est extrêmement variable d'un lieu à un autre. Dans les cas faciles certain haut-parleurs classiques peuvent répondre de façon acceptable. Dans les autres cas, seuls des haut-parleurs parfaitement dédiés, et rigoureusement mis en œuvre à la suite d'essais, permettent d'atteindre la qualité recherchée.

Perceptible sous forme d'un sifflement aigu, le Larsen⁴ est un phénomène de bouclage entre haut-parleur et microphone. Le signal issu du haut-parleur est repris par le microphone et réinjecté dans la sonorisation, ce qui entraîne une oscillation parasite du système mécano-électro-acoustique. Le Larsen est une fréquence pure. C'est un phénomène qui limite le gain de toute sonorisation.

L'apparition plus ou moins précoce du Larsen dépend des caractéristiques des haut-parleurs et des microphones, de leurs orientations et de leurs emplacements respectifs. La plus mauvaise configuration est celle où haut-parleur et microphone sont face à face et rapprochés. A chaque fois que le nombre de micros "ouvert" double, le Larsen apparaît 3 dB plus tôt.

Dans tous les cas l'acoustique du lieu intervient aussi. Une acoustique mate, absorbante, tendra à repousser l'apparition du Larsen. En revanche, une acoustique brillante, réverbérante, tendra à favoriser le Larsen.

En pratique, deux cas peuvent se présenter :

A - Le niveau sonore est suffisant avant accrochage, auquel cas le Larsen n'est pas gênant.

B - Il n'est pas possible d'obtenir un niveau sonore suffisant avant accrochage, et il faut alors combattre le Larsen.

Une solution pour repousser l'apparition du Larsen consiste à procéder à une correction acoustique du lieu, mais elle peut s'avérer coûteuse, voire difficilement réalisable dans certains cas, comme dans les églises, par exemple. La charge incombera donc le plus souvent au système de sonorisation qu'il conviendra de déterminer et de mettre en œuvre avec la plus grande minutie.

Considérations acoustiques

Chaque lieu a une acoustique qui lui est propre et dont l'appréciation subjective varie selon qu'on la considère sous l'aspect artistique - musique/chant - ou parole "parlée". Un lieu réputé bon sous un angle peut s'avérer inadéquat sous un autre. Il n'existe pas deux lieux identiques.

Considérations matérielles

Les microphones et les haut-parleurs ont des caractéristiques qui leurs sont propres. Il faut retenir ceux qui offrent la meilleure adéquation dans chaque cas, mais cela n'est généralement pas possible à la lecture des documentations car il existe des problèmes de couplage difficilement prévisibles entre les transducteurs et le milieu acoustiques. Il faut donc recourir à des essais dans les cas délicats.

⁴ On parle aussi "d'accrochage" ou de "feedback"

Considérations géométriques

Il existe des configurations préférentielles dans l'agencement des transducteurs.

Il faut éloigner autant que possible les microphones des haut-parleurs et s'efforcer de les placer dos à dos. Selon que les microphones seront à directivité cardioïde ou hypercardioïde, on veillera à profiter au mieux des points d'annulation de leurs coordonnées polaires⁵.

Quels réglages adopter sur les amplificateurs ou préamplificateurs ?

Quand on monte le niveau, il arrive un moment où le Larsen apparaît. Il est possible avec certains appareils de repérer la fréquence qui "accroche" et de la supprimer. Si l'on continue à monter le niveau, une nouvelle fréquence d'accrochage apparaît, et ainsi de suite.

Prétendre neutraliser ces fréquences très ponctuelles avec les réglages qui équipent la majorité des appareils est utopique. Ces corrections permettent tout au plus de repousser légèrement l'apparition du Larsen.

Vouloir agir sur le Larsen avec un égaliseur graphique multibandes comme on en utilise en sonorisation est une solution mais cela risque d'entraîner au passage, pour certaines applications, une dégradation sensible de la qualité sonore.

Restent alors certains filtres "anti-Larsen" spécifiques et, ou, des solutions différentes mais complémentaires telles que : coupure automatique des microphones non utilisés, mixage automatique avec régulation de niveau, égalisation au banc de mesure, etc.

Avec les appareils classiques munis d'une simple correction grave/aigu, le mieux que l'on puisse faire est de couper le grave et éventuellement d'atténuer un peu les aigus.

La lutte contre le Larsen est un réel problème qui ne trouve pas de solution radicale aujourd'hui.

⁵ Le point d'annulation d'un cardioïde est dans son axe et celui d'un hypercardioïde est légèrement décalé de son axe, à l'opposé du diaphragme.

Pyramide des âges évoluant, habitudes dangereuses d'écoute à haut niveau, environnement toujours plus bruyant, accident, maladie, toujours est-il que les personnes affectées de troubles de l'audition sont de plus en plus nombreuses, même chez les jeunes. On estime que près de 10 % de la population est atteinte de troubles plus ou moins graves de l'audition. Divers moyens permettent d'apporter une aide à ces personnes.

- Les systèmes d'écouteurs à liaison infrarouge ou HF
- Les systèmes à boucles d'induction magnétiques - BIM

Systèmes infrarouge et HF

Ces systèmes s'adressent aux personnes normo entendantes et aux malentendants légers. Ils sont très similaires dans leur principe, une émission infrarouge ou H.F. étant reçue via un récepteur dédié muni d'un casque ou d'écouteurs. Le système infrarouge qui fait appel à une lumière invisible par l'œil ne déborde pas du lieu d'émission mais peut nécessiter plusieurs émetteurs pour éviter des "zones d'ombre". Le système H.F. peut déborder mais ne nécessite qu'un émetteur. Pour les personnes malentendantes appareillées ces récepteurs sont munis de boucles d'induction "tour de cou" assurant l'interface avec l'aide auditive.

Boucle d'induction

Avec une boucle d'induction, le son n'est plus transmis par voie acoustique mais par voie magnétique. C'est le moyen le plus simple pour s'adresser aux malentendants appareillés. La boucle est constituée d'un fil conducteur isolé qui doit être judicieusement installé en fonction de diverses contraintes locales. Les personnes malentendantes appareillées, situées dans le champ de cette "antenne", reçoivent l'émission de celle-ci, claire et nette, totalement affranchie des bruits ambiants. Les aides auditives doivent disposer de la fonctionnalité "T". La boucle doit être alimentée par un amplificateur dédié car les amplificateurs classiques de sonorisation ne sont pas adaptés. L'amplificateur peut être autonome ou être relié à une sonorisation existante. Le résultat d'un système de boucle doit répondre à la norme NF-EN 60118-4.

Ces systèmes offrent en commun :

- Une excellente qualité sonore
- Liberté de déplacement dans la zone couverte (quelques restrictions avec l'infrarouge)
- Grande fiabilité
- Possibilité d'utilisation en fixe ou en mobile

La simplicité apparente des boucles d'induction ne doit pas faire oublier qu'il s'agit d'un domaine technique à part entière. La mise en œuvre des boucles exige des compétences spécifiques dont peu disposent.

L'avantage de la boucle d'induction est qu'elle est directement perçue par les personnes malentendantes appareillées. Elle n'exige aucune gestion matériel.

La forme et les dimensions des boucles d'induction ainsi que la présence d'éléments métalliques influent sur le champ magnétique et sur la qualité audio. Un autre aspect à considérer est le contrôle de l'émission des boucles d'induction et des systèmes H.F. Si dans

la majorité des cas des phénomènes de "débordement" ne sont pas critiques, il en va autrement quand des systèmes doivent cohabiter ou quand une confidentialité est nécessaire car il y a risque d'interférences et d'indiscrétions.

L'utilisation de boucles d'induction permet de répondre à la quasi totalité des besoins car il est possible de faire coexister des boucles sans aucun chevauchement. Ceci intéresse de nombreux lieux comme : musées, centres de conférences, complexes cinématographiques, théâtres, administrations, tribunaux, enseignement, etc.

Pour plus d'informations voir les sites www.bimconceptfrance.fr et www.eac84.com

Spécimen - EAC

Réflexions autour d'un système de diffusion

Notre système d'audition est extrêmement perfectionné et perçoit très vraisemblablement des informations que nous ne savons pas mesurer⁶. Cela nous permet d'apprécier les niveaux sonores, mais aussi de nombreux autres facteurs liés aux décalages temporels, au contenu fréquentiel, etc., au delà même des seuils d'audition conventionnels.

Dans la perception d'une source sonore entrent en jeu les caractéristiques de celle-ci mais aussi l'acoustique du lieu dans lequel elle émet.

Les caractéristiques acoustiques du lieu engendrent des phénomènes complexes d'absorption, de réflexion, de diffraction et de diffusion. L'auditeur perçoit en premier la fraction de signal qui lui parvient directement de la source, à la quelle se superposent des signaux réfléchis plus ou moins altérés et décalés dans le temps. La psychoacoustique intervient et la gêne n'est pas ressentie de la même façon selon l'incidence, le retard et les niveaux respectifs des différents sons provenant aux oreilles.

Voilà résumé sommairement l'aspect acoustique (propagation et perception) dont on connaît à peu près les arcanes.

Pour optimiser l'intelligibilité, il reste à réaliser la subtile adéquation entre les caractéristiques de notre système d'audition, les caractéristiques acoustiques du lieu, et celles du système de sonorisation.

La mise au point d'un système de haut-parleurs, notamment, n'est pas simple et il ne faut pas croire que tous les systèmes, fussent-ils destinés à un type d'application donné, se valent. Loin s'en faut.

Un simple haut-parleur - en tant que composant - opère déjà une transformation complexe d'un signal électrique en action mécanique, puis de l'action mécanique en signal acoustique. Ses caractéristiques électro/mécano/acoustiques sont nombreuses et dépassent de loin les traditionnelles indications fournies par les documentations commerciales. Il faut ajouter aux caractéristiques mesurables, celles non mesurables que l'oreille perçoit néanmoins comme le timbre, le grain, la dureté, etc.

Les haut-parleurs, sont intégrés dans une enceinte qui amène à son tour des perturbations sous forme de résonances, d'effets de bafflage, de déphasages, d'intermodulation, de filtrage en peigne, etc. La conception d'un système efficient - pour une gamme d'application donnée - relève donc d'un savoir-faire extrêmement habile où calculs, écoutes et mesures se succèdent et au cours duquel il ne faut pas craindre de remettre son ouvrage sur le métier. Le contrôle efficace de l'énergie et de la directivité, impératif pour certaines applications, demeure un champ d'investigations difficiles sur lequel travaillent des ingénieurs dans le monde entier.

Croire que tout se vaut, ou presque, est donc une grossière erreur que malheureusement même de prétendus professionnels semblent méconnaître.

⁶ A propos des mesures, il faut savoir qu'un microphone ne capte que les variations de pression alors que le système d'audition humain perçoit de nombreuses informations. Pour faire une analogie avec la météorologie, c'est comme si on s'intéressait seulement au baromètre sans s'intéresser au vent, à la température, à l'humidité, etc.

Le coût d'une démarche efficace

De nombreux lieux comme les lieux de cultes, les patinoires, les grandes halles, etc. sont pour l'essentiel des locaux très réverbérants dont la sonorisation **intelligible** reste problématique la plupart du temps.

Bien que l'origine des problèmes soit connue, l'intuition de l'ingénieur et les moyens d'analyses prédictives sont souvent impuissants à définir avec certitude les solutions les plus efficaces.

- La plus grande prudence est donc de mise dans ces cas délicats où des essais préalables s'avèrent généralement indispensables.

Pour être effectués sérieusement ces essais nécessitent la présence de techniciens spécialisés qui mettront successivement en œuvre différents moyens susceptibles de répondre au problème particulier. La recherche des meilleurs emplacements, des meilleures orientations, des réglages optimaux, peut prendre de longues heures, si ce n'est plusieurs jours dans certains cas.

Il ne s'agit pas là d'une démarche excessive car c'est à cette condition que la qualité sera obtenue et que les dépenses seront justifiées.

Ces essais ont un coût non négligeable.

Or dans une entreprise sérieuse et structurée les marges nettes sont loin d'être aussi confortables que beaucoup se l'imaginent. Le temps passé, les investissements en matériel et les frais de déplacements, constituent des postes très lourds.

Face à une concurrence pas toujours vertueuse, le concours d'une entreprise reconnue comme notoirement sérieuse et compétente a donc un prix.

- C'est le prix du service dû à la clientèle, qui commence par les études et les tests préalables indispensables.
- C'est le prix d'une organisation capable de gérer d'éventuelles anomalies, de faire évoluer une installation en fonction de nouvelles technologies ou de nouveaux besoins, et d'assurer un service après-vente efficace.

Il faut y réfléchir car la Rolls, ou tout simplement "l'utilitaire" dont vous avez besoin, au prix de la 2 chevaux, cela n'existe pas.

En conclusion

Au terme de ce rapide survol, d'aucuns pourront s'étonner de ne pas trouver de recettes miracles. C'est tout simplement qu'il n'y en a pas, à fortiori dans les cas difficiles. Nous avons attiré votre attention sur les difficultés et nous vous avons donné les raisons de celles-ci. Nous espérons que cela vous aidera à vous prémunir vis-à-vis des assertions parfois aussi erronées que péremptoires de certains intervenants.

Nous l'avons déjà dit, la sonorisation ça paraît tellement simple, que tout le monde se croit compétent. Pourtant, nul n'à la science infuse, surtout dans un métier offrant de si multiples facettes. Autant de cas, autant de lieux différents, autant d'acoustiques caractéristiques, autant de configurations à optimiser, certaines avec facilité, d'autres très laborieusement.

Pour être efficace il faut bien sur savoir quels outils sont susceptibles de répondre à tel ou tel type de besoin. Mais il faut aussi et surtout avoir la volonté et la capacité de tester ces outils en situation afin d'avoir la certitude d'obtenir les résultats attendus. Il faut aussi avoir la capacité de gérer certaines anomalies et ne pas laisser un client avec une installation qui fonctionne mal, comme on le voit hélas trop souvent.

Si un fournisseur certifie que le résultat attendu sera obtenu, il ne devrait voir aucun inconvénient à en faire la démonstration, in situ, avec le matériel prévu. C'est votre seule assurance.

Dans le cas contraire la plus grande circonspection s'impose car, quelques soient le prix, le savoir-faire et les références invoquées, rien ne prouve que la qualité promise sera au rendez-vous in situ.

Enfin, ne perdez pas de vue que nous portons tous sur nous le meilleur instrument qui soit, NOS OREILLES, il suffit de s'en servir pour juger des résultats. En terme d'intelligibilité il n'y a pas d'autres alternatives que BIEN comprendre ou MAL comprendre.



Eglise de 13 Lambesc

Electroacoustique Consultant - EaC

Ingénierie audio - Etudes et mesures acoustique - Expert en boucles magnétique pour malentendants

6 boulevard Guérin - 85300 CHALLANS

Site internet : www.eac84.com - Adresse E-mail : eac@eac84.com

Téléphone provisoire : 06 76 22 86 52