

# Introduction à l'acoustique d'église

Par M. Tom LeFevre

Qu'importe l'éloquence du prédicateur, combien le message est édifiant, ou à quel point la musique est merveilleuse, ce que l'auditeur entend dépend de l'acoustique de la salle de culte. Plusieurs grands messages sont tombés dans des oreilles handicapées non pas par la surdité, mais par une acoustique pauvre et un système de son inadéquat. Cet article est une tentative de communication concernant certains principes importants à savoir comment le son se comporte au sein de l'église et dans d'autres grands espaces, et comment améliorer les résultats.

Évangile de Marc 4 : 1-2, "...Jésus se mit de nouveau à enseigner au bord de la mer. Une grande foule s'étant assemblée auprès de lui, il monta et s'assit dans une barque, sur la mer. Toute la foule était à terre sur le rivage. Il leur enseigna beaucoup de choses en paraboles..." Jésus n'était pas seulement habile à comprendre le comportement des foules, il connaissait le principe selon lequel le son voyage mieux au-dessus de l'eau qu'au-dessus de la terre. M. Blair McNair de l'Integrated Media Group me soulignait que le son est réfracté, ou réorienté vers des surfaces plus froides, et qu'il bondissait littéralement comme une pierre sur l'eau dans le cas de Jésus. Ainsi, la foule a eu la possibilité de l'entendre beaucoup mieux que s'il avait été sur le flanc d'une colline.

## Quelques principes simples de physique

Sans devenir trop scientifique, il est utile de considérer quelques propriétés physiques du son, étant donné qu'elles peuvent être appliquées à nos salles de culte. La physique pure et dure peut devenir comme une pierre aux reins, la majorité d'entre nous sommes satisfaits de vivre notre existence sans elle.

### *Radiation*

Le son, comme nous le savons, est une sensation causée par des vibrations, ou des ondes voyageant dans l'air. Comme l'ondulation émanant d'un caillou tombé dans une piscine, les ondes se déplacent par radiation à partir de leur source vers l'extérieur en formant des cercles, à moins d'être réfléchies par un objet pendant leur course. En fait, le son ressemble davantage à la lumière qu'aux vagues sur l'eau, parce qu'il se déplace uniformément comme une sphère dans l'espace en trois dimensions, et non pas sur une surface plane comme une piscine.

### *Volume*

Nous pourrions prendre beaucoup de pages pour essayer de décrire la science du volume. Mais chacun de nous sait quand quelque chose est à peine audible, ou beaucoup trop fort. Nous devons considérer que ces seuils peuvent varier considérablement d'une personne à l'autre. La personne qui est sourde ou dure d'oreille n'a pas besoin d'un système de son plus puissant, elle a besoin d'une personne qui utilise le langage des signes. C'est un service qui devient de plus en plus commun aujourd'hui.

Lorsque nous parlons de volume, nous parlons de décibels ou de dixièmes de bel. Le dB est l'abréviation de décibel. C'est une mesure numérique de volume relatif, relatif à une très petite référence de niveau de son. Il est juste de mentionner pour ceux qui sont intéressés par les aspects techniques que la référence de base est une intensité de son de 0.000000000001 watt/mètre carré. Pour mettre cela en perspective, une douce brise fait un bruit de 10 décibels, soit dix fois la référence, un petit chuchotement 15dB, une église vide, environ 30 dB de bruit ambiant (1000 fois le niveau de référence), une conversation à 3 pieds de distance, 65 dB (environ 4 millions de fois la référence). Le seuil de la douleur est 130 décibels. Les décibels sont calculés selon une échelle logarithmique en base 10 de façon à ce qu'un petit changement dans le nombre de décibels résulte dans un grand changement du volume que la personne entend. C'est important à savoir parce que toutes les consoles, que ce soit dans les églises ou non, utilisent des ajustements gradués en décibels. Quand on augmente la consigne de 0 à +6 décibels, le volume relatif augmente par 4 fois. Une augmentation de 0 à +10 décibels augmente le volume par dix fois; 0 à +20dB, 100 fois; 0 à +30dB, 1000 fois; et ainsi de suite. En conséquence, la personne à la console doit manipuler les réglages doucement, en augmentant ou en diminuant. Le degré de changement causé est exponentiel et non linéaire. Cela veut dire que le changement est plus rapide que la distance de déplacement. Certaines consoles aident à compenser pour cela, mais la douceur vis-à-vis de ces réglages est toujours une vertu.

### *Dispersion*

Le son est comme la lumière en ce sens que l'intensité diminue par le carré de la distance avec la source. Quand on augmente par deux la distance avec un haut-parleur, le volume du son diminue par quatre. À trois fois la distance, le volume est un huitième. À quatre fois, un seizième. Ce principe est crucial pour comprendre pourquoi certaines personnes ne peuvent soutenir le volume dans les premières rangées et que d'autres ne peuvent pratiquement rien entendre au fond de la salle. Rares sont les églises qui ne penchent pas un peu trop quelquefois vers l'opinion d'un membre très important. Si cette ou ces personne(s) ont une ouïe qui n'est pas représentative de l'ensemble de l'église, cela peut grandement compliquer le processus de concevoir et de gérer le son, comme vous pouvez l'imaginer.

Le principe de former et de diriger le modèle de dispersion est la clé dans le positionnement des haut-parleurs dans les églises et dans les autres auditoriums. Comme un cornet dirige la voix humaine, les haut-parleurs électroniques projettent le son selon une dispersion en forme de cône, qui, comme mentionné précédemment, diminue en puissance par le carré de l'augmentation de la distance à partir du haut-parleur. Selon la fabrication, l'angle d'un cône en dehors de la ligne d'axe peut varier à partir de 30 à 60 degrés. Le type le plus commun est 45, donc projetant un cône de son avec un angle de 90 degrés. C'est une considération importante dans la conception du son, quand on place et oriente les haut-parleurs de façon à ce que leurs cônes sonores de dispersion ne se chevauchent pas inutilement. En fonction de comment les haut-parleurs sont orientés, leurs cônes sonores peuvent produire un effet d'intersection comme le sillage derrière un bateau de vitesse, sauf en trois dimensions. Pour l'auditeur, cette région de chaos sonore peut contenir des endroits étranges et non prévisibles où certaines fréquences sont trop fortes, tandis que d'autres s'annulent et peuvent être difficilement entendues. Un certain chevauchement est à la fois inévitable et nécessaire, spécialement dans les sons réfléchis qui se combinent pour faire ce que

nous appelons la réverbération, mais le but doit être de minimiser les modèles de chevauchement au niveau de la source.

L'auditeur entend les sons qui sont directs et les sons qui sont réfléchis. Le son direct provient directement d'un haut-parleur ou d'une autre source naturelle de son. Les sons réfléchis dans une église proviennent des murs, du plancher (à moins qu'il ne soit absorbé par le tapis ou les gens), le plafond et l'arrière de la scène. Naturellement, les sons réfléchis arrivent plus tard à l'oreille, parce qu'ils parcourent une plus grande distance. Ce délai est d'environ un millième de seconde en extra par pied (30 cm) parcouru. La réverbération naturelle d'une pièce est l'effet d'amalgame de ces sons retardataires qui se décalent dans le temps. Une certaine portion de cet effet de réverbération est nécessaire pour produire ce que nous percevons comme un son agréable. Il est important de constater que les styles de musique sont associés avec différents temps de réverbération. Nous en reparlerons bientôt.

### *La fréquence et la longueur d'onde*

Les sons parlés ou musicaux s'étendent des notes basses aux aigus. Ceux-ci sont mesurés en fréquence, ou par le nombre d'ondes ou de cycles par seconde. On appelle cela des Hertz (abrégé par Hz). La distance entre les sommets d'onde est appelée la longueur d'onde. Plus la fréquence est grande, plus la longueur d'onde est petite; plus les notes sont basses, plus la longueur d'onde est grande. Les notes aiguës ont des longueurs d'onde courtes (la plus haute note du piano a 3.1 pouces ou 7.9 cm), alors que les notes très basses ont une longueur d'onde de 39 pieds (12 mètres). Les basses fréquences avec des longueurs d'onde plus grandes tendent à pénétrer plus profondément et plus loin, sont moins complètement réfléchies par les surfaces des pièces, et sont moins sujettes à être absorbées par les tissus et les autres matériaux. À l'opposé, les hautes fréquences ne pénètrent pas aussi loin, sont réfléchies par les surfaces des pièces, et sont plus complètement absorbées par les tissus et spécialement par les personnes dans la salle. Un des éléments clé dans la gestion du son de la plupart des églises est un égalisateur multi-bande. Cet instrument peut augmenter ou diminuer de façon sélective une plage de fréquences pour obtenir de meilleurs résultats du point de vue du son dans n'importe quelle pièce. Simplement à titre de référence, la plus basse note du piano a 28 cycles par secondes (Hz), alors que la plus haute a un peu plus de 4000 Hz. L'étendue de la voix humaine va, pour une voix de basse très grave de 80 Hz à une voix aiguë de soprano de 1000 Hz. L'oreille humaine ne peut entendre normalement les fréquences au-dessous de 20 Hz, ou celles au-dessus de 15 000 Hz. Les égalisateurs peuvent être particulièrement utiles pour ajuster une pièce ou pour diminuer ces bandes de fréquence où la rétroaction (feed-back) indésirable tend à se produire. Un autre article traitera d'une méthode simple et pratique pour ajuster ces instruments de façon à minimiser la tendance naturelle à la rétroaction (feed-back) des lieux de culte. Cette méthode maximise le gain avant la rétroaction (feed-back) du système de son.

### *Réflexion, Délais, et Réverbération*

La clé pour comprendre la réverbération naturelle d'une pièce est la physique de la vitesse du son, et la nature de la réflexion. Le son voyage à travers l'air à une vitesse d'environ 1100 pieds (335 mètres) par seconde. Dans une petite pièce, cela semble instantané, mais à une distance de plus de 40 pieds (12 mètres), le délai devient quelque chose qu'il faut considérer. Chaque pied (30 cm) que franchit le son à partir de

la source représente environ une milliseconde (millième de seconde) de délai (exactement 0.00091s). Les haut-parleurs au niveau des balcons à cinquante pieds (15 mètres) des haut-parleurs principaux par exemple, doivent être connectés à un instrument numérique de délai de temps qui peut faire en sorte que ces haut-parleurs éloignés produisent un son cinquante millisecondes plus tard que les haut-parleurs principaux. Cela produit un son qui arrive aux oreilles de l'auditeur environ en même temps. Autrement, un effet d'écho se produit. La même technique doit être appliquée aux haut-parleurs à l'extérieur de la scène.

Les ondes de son sont réfléchies par les surfaces comme la lumière dans un miroir, à un angle égal à l'angle d'incidence. Si le son provenant d'un haut-parleur au-dessus de l'estrade arrive sur le mur du fond de la scène à 45 degrés, il est réfléchi vers l'assemblée à un angle égal. Cela est spécialement important à considérer quand on conçoit l'espace au-dessus duquel la chorale chante, par exemple. Un écho indésirable provenant du balcon d'en avant, peut être évité en donnant à la surface du balcon un léger angle de rotation.

La somme de toutes les réflexions du son arrive habituellement après que l'auditeur entend le son directement à partir de la source et est appelée la réverbération du son. Le temps de réverbération naturelle peut être approximé en se tenant près du milieu de la pièce et en criant "Hé" très fort (ou n'importe quelle monosyllabe qui vous convient), et en minutant minutieusement le délai avec une montre-chronomètre. Frapper des mains ou un gros bruit d'orgue fonctionne aussi. Pratiquement, la réverbération est mesurée par le temps où un bruit soudain se produit jusqu'à ce que ses derniers échos se fassent entendre. Une salle de concert plaisante a un temps de réverbération qui dure de 1.6 à 1.8 secondes, avec l'auditoire dans la salle. Une grande cathédrale, à l'opposé, peut réverbérer de 3 à 4 secondes ou plus. Une salle "morte" avec beaucoup de tapis, draperies et un plafond poreux peut avoir peu ou pas de réverbération du tout. La musique sacrée traditionnelle, avec orgue, chorale, piano et instruments à cordes, bénéficie d'une forme de réverbération naturelle. Des notes et des phrases longues sont enrichies par des réflexions qui peuvent durer aussi longtemps que 2 secondes. La parole et la musique rock, d'un autre côté, ne sont pas caractérisées par une longue réverbération, puisque les notes courtes (staccato) et les syllabes parlées tendent à se chevaucher et à être confuses aux oreilles de l'auditeur. Pour donner un peu de perspective, la musique d'orgue traditionnelle est à son meilleur avec des temps de réverbération de 2 à 4 secondes. Un orchestre, de 1.5 à 2.0 secondes. Une chorale, de 1.0 à 2.0 secondes. Un groupe rock ou populaire, 0.5 à 0.75 secondes. S.V.P. noter que ces temps sont approximatifs, et qu'ils vont tendre à augmenter à mesure que le volume, ou la taille de la salle augmente. La voix parlée est généralement faite pour une courte réverbération, comme un groupe rock. Dans certaines églises qui ont peu ou pas de réverbération naturelle, il est judicieux d'installer un module d'effet numérique qui peut ajouter une réverbération synthétique à la fois à la musique et à la parole pour une meilleure sonorisation de la prédication et de la lecture de la Parole. L'ajustement final dépend de comment la musique et la parole sont entendus quand l'église est remplie. Assurez-vous d'obtenir plus d'une ou deux opinions.

#### *Contrôler la réverbération par absorption*

Comme la plupart des techniciens du son ont appris, le volume du son semble varier en fonction de l'humidité, de la température de l'air et de la taille de l'auditoire. À mesure que l'humidité augmente, la vitesse du son doit augmenter aussi théoriquement. La plus

grande répercussion de cela est dans l'accordage de l'orgue à tuyaux. Pratiquement, la température et l'humidité n'affectent pas le besoin pour plus ou moins d'amplification autant que le fait le nombre de personnes dans l'auditoire. L'assistance dans la salle est le seul gros facteur qui influence la variation dans le volume du son et dans la réverbération. Les matériaux les moins absorbants (et donc les plus réverbérants) sont le marbre, le verre, la brique, le béton, la pierre et le plâtre. Dans ces espaces, il tend à y avoir considérablement de réverbération. Les tissus comme les draperies (coton ou velours) et les tapis absorbent le son de façon substantielle. Pour cette raison, ce n'est pas souhaitable de poser du tapis à l'endroit où chante une chorale. À l'inverse, du tapis sur le plancher d'un groupe de louange qui est amplifié peut-être très bien. Un auditeur assis qui porte des vêtements absorbe deux fois plus qu'une chaise vide recouverte de tissu et environ 20 fois plus qu'une chaîne vide non-recouverte. Alors quand l'église est remplie (comme par exemple à Noël et à Pâques), non seulement la réverbération est grandement réduite, mais plus d'amplification pour la prédication et la musique est nécessaire pour que tous entendent. Les pratiques sont très différentes des cultes d'adoration à cet égard. Les techniciens du son ont besoin d'être sensibilisés à cela quand ils évaluent l'acoustique d'une salle vide, ou lorsqu'ils estiment les besoins du point de vue de l'amplification de puissance.

#### *Positionnement des haut-parleurs et de la console*

Les deux approches les plus communes concernant l'emplacement des haut-parleurs dans les églises sont "la grappe ponctuelle" et "la symétrie droite - gauche". Dans la grappe ponctuelle, un amas de plusieurs haut-parleurs est suspendu ou près d'un axe central à l'avant du sanctuaire, habituellement au-dessus de la scène. Le son se propage à partir de cette source unique (même s'il s'agit de plusieurs haut-parleurs) à travers la salle. Quelquefois, il y a aussi des haut-parleurs additionnels à l'intérieur ou sous les balcons, souvent raccordés à des instruments de délai de temps si la distance est supérieure à 40 pieds. Les "sub-woofers" sont communs pour augmenter la qualité de la musique pour les parties les plus basses. Les sub-woofers travaillent généralement entre les fréquences 25Hz à 125Hz. L'auditeur sent le son presque aussi bien qu'il peut l'entendre. L'approche symétrique utilise une paire de haut-parleurs également espacés de chaque côté de la ligne centrale. Cette approche symétrique peut être plus appropriée pour une salle qui est plus large que longue.

En ce qui concerne l'endroit où les haut-parleurs peuvent être placés, il est extrêmement important de positionner la console dans le "courant" du son de l'église. Puisque les consoles professionnelles et les systèmes à haute fidélité sont relativement nouveaux pour plusieurs églises, il peut être difficile d'obtenir de l'espace au niveau du parterre, et non pas sous le balcon. Le résultat navrant est que la pauvre personne qui essaie fidèlement d'exercer son ministère de l'audio près d'un coin du balcon entend un mélange de son qui est passablement différent de ce que la majorité des personnes entendent. Le technicien peut en contrepartie mélanger le son avec des écouteurs branchés à la console. Si l'église installe un bon système de son, il est extrêmement important de localiser la console sur le parterre, près du centre de la salle, en face du balcon s'il y en a un.

En résumé, le son est un aspect fascinant et critique pour l'adoration dans l'église d'aujourd'hui. Cela ne fera qu'augmenter dans les prochaines années. À cause du fait qu'il y a tant de facteurs qui sont impliqués, la performance acoustique de n'importe quel espace est très complexe. Ces facteurs incluent la dimension de la salle en volume

cubique, la forme et la configuration de l'espace, les différentes caractéristiques d'absorption des matériaux, la source et le style de musique ou de parole, la finition, la taille de l'église, et la nature ainsi que la qualité du système de son. Nul d'entre nous n'a jamais vu une onde sonore. Avec l'aide d'un consultant expérimenté, et de l'équipement audio raisonnable, une église peut passer doucement du monde non-amplifié au monde moderne de la gestion améliorée du son. Demandez aux gens autour de vous. Prenez un groupe pour visiter les églises où vous aimez ce que vous voyez et entendez. Jésus nous demande de propager Sa Parole et la bonne musique en Son Nom, et de la rendre plaisante à l'oreille, de façon à ce qu'elle soit entendue et comprise.

Cet article a été traduit et diffusé avec la permission de Christian Sound & Song qui est publié bi-mensuellement aux États-Unis par Christian Sound & Song, Inc., 3112 Lexington Park Drive, Elkhart, IN 46514. Il y a des droits d'auteur internationaux et tous les droits sont réservés. Les églises et les ministères sont encouragés à utiliser ce matériel, mais tout usage commercial doit recevoir une autorisation écrite de l'éditeur [www.soundandsong.com](http://www.soundandsong.com).