

# LA SONORISATION DES ESPACES PUBLICS, CHOIX ET DISPOSITION DES HAUT-PARLEURS EN PLAFOND ET INTELLIGIBILITÉ

MIGNERON, Jean-Gabriel, *Laboratoire d'acoustique, Faculté d'aménagement et d'architecture, Université Laval, 1 Côte de la Fabrique, Québec, Qué., G1K 7P4*

**ABSTRACT:** When a sound-reinforcement system is used for communication, information or security, its intelligibility firstly depends on the ambient noise level, expressed by the signal to noise ratio, and on the initial part of the reverberation (EDT), that is susceptible to affect each syllable given to ear. A short early decay time depends on the normal reverberation time of the room (RT60) and on the distance of the listeners (located or not in the acoustical radius). The resulting intelligibility depends on the frequency response of the selected speakers, on their directivity following the disposition in the ceiling, the model of the grid and on the density of the speakers (average distance). Acoustical tests have been performed concerning different models of speakers, specially designed for suspended ceilings. These experiments have been done on frequency response, pressure level for 1W and 1m of distance, directivity angle at -6 dB, for a speaker positioned in the middle of a plan baffle, intelligibility index in relation with reverberation time and distance to the listening point and, finally, on a critical listening of female voices. Some interesting conclusions and practical recommendations resulted from these tests.

## INTRODUCTION

Indépendamment de la qualité des équipements, de leur réponse en fréquence et de leur niveau de bruit propre, l'intelligibilité des messages distribués par un système de publi-diffusion peut être affectée par deux paramètres acoustiques:

- le niveau de bruit de fond, dépendant de l'achalandage des locaux sonorisés,
- et le temps de réverbération initial susceptible d'affecter le signal entre la source et le receveur. Ce temps de réverbération initial (EDT) dépend globalement du temps de réverbération RT-60 et, plus localement, des conditions de proximité et de directivité de la source.

Comme la décroissance totale du signal entre chaque syllabe prononcée dépend du niveau de bruit de fond et de la vitesse de décroissance de l'énergie acoustique, ces deux paramètres peuvent réduire la dynamique du signal donné à entendre, de ce fait, ils sont souvent exprimés en termes de rapport signal sur bruit, c'est d'ailleurs sous cette forme que l'on peut convertir les pertes de modulation correspondantes en pourcentage d'intelligibilité (exemple de la procédure RASTI) [1].

Le bruit ambiant qui règne dans des locaux publics peut être constitué des bruits techniques toujours présents, auxquels viennent s'ajouter les bruits résultants des activités humaines. Ce bruit vient masquer les messages et en réduire la dynamique, donc l'intelligibilité. Il est généralement admis, indépendamment de l'influence de la réverbération, que, lorsque le niveau de bruit de fond atteint le niveau moyen du signal donné à entendre, l'intelligibilité est réduite à 50%. Or il serait souhaitable que l'intelligibilité reste supérieure à 60%, voire même 65% et plus lorsque la sécurité du public est en jeu. Le niveau de reproduction moyen des messages est d'environ 72 à 75 dB(A) dans les espaces publics sonorisés, alors que le niveau de bruit de fond dépasse souvent 65 dB(A) (dépendant également du temps de réverbération du local). Il convient à certains moments d'élever le niveau du signal, de manière à rétablir une bonne intelligibilité (réglage automatique dans les systèmes les plus modernes). Le temps de réverbération initial, qui peut affecter la vitesse de décroissance du niveau de pression acoustique de chaque syllabe, dépend d'abord du temps de réverbération RT-60. Par exemple,

si un local présente un temps de réverbération de 0,25 s à 1kHz, la dynamique du signal permise entre deux syllabes distantes de 50 ms sera de 12 dB, alors que si le temps de réverbération est de 1 s, cette même dynamique tombe à 3 dB. On constate ainsi une réduction significative du niveau de modulation du signal donné à entendre et donc de l'intelligibilité. Le temps de réverbération initial dépend ensuite de la proximité de la source et de sa directivité, ce dernier paramètre affectant la longueur du rayon acoustique dans toute les directions autour de la source. Au voisinage d'un haut-parleur, le temps de réverbération initial peut être relativement plus court que RT-60, ce surtout dans les grands locaux réverbérants.

MARQUE	MODELE	Diam. nomi.	Puiss. nomi.	Niv. 1W/ 1m à 1kHz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz
Altec	309-8A	8"	16W	95,4	114°	104°	53°	54°
Altec	538-4A	8"	16W	95,9	116°	104°	58°	50°
Altec	409-8E	8"	16W	94,7	115°	95°	62°	46°
Armscott	CO 810	8"	16W	91,8	115°	108°	69°	49°
Bose	32	4"	32W	92,4	112°	116°	84°	81°
Bose	102	4"	25W	94,6	132°	117°	84°	54°
JBL	8140	8"	40W	93,1	115°	97°	73°	49°
JBL	2152	12"	150W	103,3	100°	92°	47°	32°
JBL	P100	4"	40W	91,0	87°	88°	106°	62°
Mc Bride	8LS813-FY5	8"	16W	93,5	114°	104°	73°	53°
Sammsound	CX801 (mod.)	8"	20W	92,0	115°	108°	85°	57°
Sammsound	CX 802	8"	40W	93,1	116°	119°	81°	58°
Sammsound	SPM 602	6"	20W	88,2	115°	61°	90°	103°
Soundolier	CP 802	8"	16W	91,1	116°	134°	79°	40°
Soundolier	C 803	8"	16W	94,2	115°	102°	84°	51°
Soundolier	CF 883	8"	30W	88,0	116°	88°	33°	112°
Soundolier	EQ 818	8"	50W	88,0	100°	65°	83°	40°
Tannoy	ICT 165mm	6"	100W	94,5	100°	100°	90°	50°
Toa	F-120C	5"	20W	95,0	122°	121°	110°	38°
University	CS 815	8"	16W	95,3	115°	104°	58°	58°
MOYENNES				93,0	115°	99°	81°	61°

Tableau N°1: Description des différents échantillons de HPs.

## RÉPONSE EN FRÉQUENCE DES HAUT-PARLEURS

Avec la mise en oeuvre des nouvelles technologies pour le traitement digital du signal audio, on peut considérer que ce

signal peut être amplifié et distribué de façon quasiment parfaite. Pour une voix claire et agréable, il reste donc la qualité de reproduction des haut-parleurs. La réponse en fréquence des haut-parleurs de plafond utilisés pour les systèmes de publi-diffusion est souvent irrégulière. Même, si un haut-parleur présente une réponse dans l'axe pratiquement linéaire, ce n'est pas une garantie d'une écoute agréable de la voix ou de la musique dans toutes les directions.

Lorsque la réponse d'un modèle de haut-parleur installé dans toute une même zone n'est pas complètement satisfaisante, on peut introduire une correction spectrale du signal destiné à cette zone (certains modèles de haut-parleurs sont d'ailleurs distribués avec un contrôleur électronique adéquat). Il n'est pas nécessaire de reproduire à un trop grand niveau les fréquences les plus basses de la voix, qui seront de toute façon perturbées par la réverbération. On peut valoriser les bandes d'octave de 2 et 4 kHz, importantes pour l'intelligibilité, cependant on risque de tomber dans un autre piège, soit que, d'une part, le son devienne nasillard et désagréable et que, d'autre part, la directivité des haut-parleurs pour ces fréquences soit trop prononcée, provoquant ainsi une irrégularité spatiale de l'intelligibilité. Il convient, le plus souvent, pour valoriser l'intelligibilité de la voix perturbée par un certain niveau de bruit de fond, sans affecter par ailleurs son équilibre et sa répartition spatiale, de relever légèrement les fréquences médianes du spectre.

#### DISTANCE ET DIRECTIVITÉ DES HAUT-PARLEURS

La directivité d'un haut-parleur varie de façon importante avec la fréquence, elle s'exprime globalement par l'indice de directivité en dB (avec  $I = 10 \log Q$ ), cet indice correspondant à la proportion d'énergie radiée dans l'axe du haut-parleur, dans une bande de fréquence donnée [2]. Un haut-parleur monté en plafond peut être considéré comme sur un baffle plan infini; pour les basses fréquences, la radiation est donc plutôt hémisphérique (la membrane étant beaucoup plus petite que la longueur d'onde,  $I = 3$  dB); alors que pour les hautes fréquences, la membrane agit plutôt comme un piston plan et produit une onde plane plus ou moins diffractée, le facteur de directivité peut donc atteindre des valeurs relativement élevées.

Mais l'indice de directivité ne concerne qu'une bande de fréquence précise et il n'est donné que dans l'axe du haut-parleur. Pour un haut-parleur rond, il est plus aisé d'employer l'angle d'ouverture totale à -6 dB, c'est-à-dire l'angle de dispersion pour une fréquence donnée, jusqu'à une atténuation de -6 dB du niveau de pression par rapport au niveau dans l'axe. Les haut-parleurs vérifiés ont, en moyenne, avec leur grille, des angles de dispersion de 115°, 99°, 81° et 61° (500 Hz, 1, 2 et 4 kHz).

Pour la distance entre les haut-parleurs, il est généralement admis que les cônes de dispersion à -6 dB doivent se croiser à la hauteur des oreilles du public, même pour les bandes d'octave de 2 et surtout 4 kHz, si importantes pour l'intelligibilité (atténuation résultante entre deux haut-parleurs d'au maximum 3 dB). La hauteur du plafond a donc également une influence directe sur la distance à respecter entre les haut-parleurs. Sinclair recommande une distance de 1,4 fois la hauteur effective au-dessus des têtes (à 1,8 m du plancher ou bien 1,2m, suivant que le public est debout ou assis) [3].

#### TESTS SUR DIFFÉRENTS HAUT-PARLEURS

Un total de 23 haut-parleurs différents ont été testés. Ces tests ne prétendent pas couvrir l'ensemble des produits disponibles, néanmoins, ils donnent un bon aperçu du comportement de ce genre de haut-parleurs destinés aux plafonds suspendus.

Tous les échantillons ont été vérifiés en chambre anéchoïque, ils ont été installés dans leur propre coffret ou bien dans un coffret avec traitement absorbant de 10,6 dm<sup>3</sup>, avec un baffle plan de 1,22 x 1,22 m en gypse pour simuler l'effet du plafond et avec une grille conventionnelle en tôle perforée à

33% d'ouverture. Dans la plupart des cas, les haut-parleurs ont été branchés sur une ligne 70V (constamment mesurée par bandes au tiers d'octave), à l'aide d'un transformateur d'impédance, réglé de manière à obtenir une puissance nominale de 1W RMS dans 8 Ω.

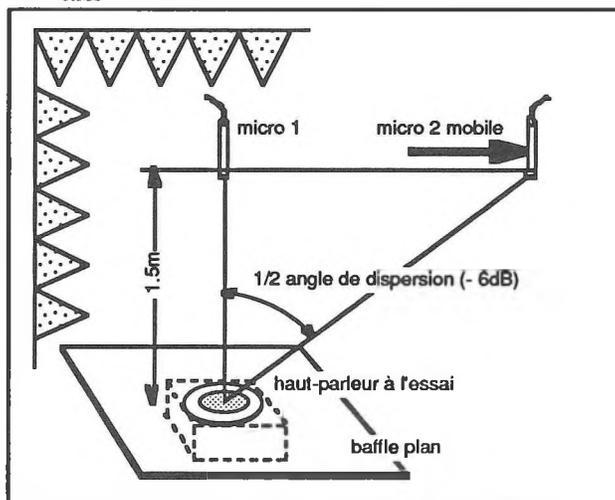


Figure n° 1: Dispositif expérimental pour la mesure de la directivité et du rendement

Les mesures acoustiques ont porté sur les points suivants:

- réponse en fréquence par bandes au tiers d'octave,
- réponse en fréquence par bandes au douzième d'octave,
- niveau de pression en dB(A) dans l'axe du haut parleur, à 1m de distance, à 1W RMS dans 8 Ω,
- niveau de pression en dB à 1m, avec signal sinus à 1kHz,
- angle de dispersion à -6 dB mesuré dans un plan à 1,5 m de distance de la grille du haut-parleur, pour les fréquences sinus de 500 Hz, 1, 2 et 4kHz (voir figure n° 2),
- intelligibilité selon l'indice RASTI en 6 points, selon trois conditions de réverbération (RT-60 = 0,08, 1,0 et 2,7 s).

Complémentairement, une écoute subjective, surtout consacrée à la parole et plus spécifiquement à la voix féminine, a également été mise en oeuvre.

Le tableau n°1 fait état des principales caractéristiques des modèles de haut-parleurs vérifiés, il indique leurs dimensions et leurs puissances nominales, ainsi que divers résultats. La figure n° 1 illustre, à titre d'exemple, le dispositif expérimental utilisé pour les mesures de directivité et de rendement. Les principaux résultats relatifs à la réponse en fréquence, à la dispersion et à l'intelligibilité feront l'objet de la communication orale.

#### CONCLUSION

Au plan pratique, il faut s'assurer que toutes les personnes ne se trouvent pas trop éloignées d'un haut-parleur, de manière à rester le plus possible dans le champ direct. En plus d'une puissance suffisante et d'une bonne réponse en fréquence, il importe de choisir la directivité d'un haut-parleur en fonction de la hauteur du plafond et, dans une moindre mesure, en fonction de la réverbération du local. Dans des locaux bruyants aux plafonds les plus bas, on peut éviter par exemple de rapprocher trop les haut-parleurs en choisissant un modèle plus dispersif.

#### RÉFÉRENCES

- [1] HOUTGAST, T. and STEENEKEN, H.J. M.: "The modulation transfer function in room acoustics", pp. 3-13, in B. & K. Technical Review, nov. 1985.
- [2] BERANEK, L.: Acoustical Measurements-Tests for Loudspeakers, pp.668-672, Pub. for the Acoust. Soc. of Am., 1988.
- [3] SINCLAIR, R.: Journal of the Audio Eng. Soc., dec. 1982.