

Mesure sur diffuseurs à résidus quadratiques à l'échelle 1/10^{ème}

Philippe Woloszyn¹, Guillaume Rezeau², Bruno Suner¹

¹CNRS UMR 1563, EAN Rue Massenet BP 81931 44319 Nantes, Ecole d'Architecture de Nantes, EAN
Rue Massenet BP 81931 44319 Nantes

²Université du Maine Avenue Olivier Messiaen 72085 Le Mans Cedex 9

Introduction

Le but poursuivi ici est de vérifier l'adéquation entre le modèle théorique interférentiel des diffuseurs à résidus quadratiques et leur mesure à l'échelle du dixième. Dans notre cas, le diffuseur est basé sur le nombre premier $N=11$. La bande passante du diffuseur est prévue pour un bruit routier allant de 125 à 4000 Hz pleine échelle. L'échelle 1/10^{ème} ramène donc la bande passante de 1250Hz à 40kHz. Dans cette configuration, nous avons juxtaposé trois diffuseurs $N=11$ afin d'augmenter la surface active du système de diffraction lors de l'opération de mesure. A partir de 16kHz, l'absorption par l'air étant non négligeable, le diffuseur doit être le plus réfléchissant possible : pour ce faire, son coefficient d'absorption a été minimisé en enduisant les faces de vernis multicouche, les séparateurs de puits étant constitués d'une feuille métallique réfléchissante, dont l'épaisseur est négligeable devant la longueur d'onde du signal incident (0,75mm). Pour des longueurs d'ondes inférieures aux dimensions de la profondeur de puits, la répartition énergétique du front de l'onde incidente sur la surface implique un déphasage, créant une zone d'interférences réfléchissant le front d'onde dans certaines directions.

Protocole de mesure de diffusion

La mesure de diffusion d'un panneau diffuseur se réalise par une mesure polaire sur 180°, via l'utilisation d'une table tournante permettant une incrémentation des angles de mesure par pas de 2.5°. La salle de mesure ayant un Tr60 d'environ 1.5s avec une durée maximale d'acquisition du signal impulsionnel pseudo aléatoire de 557ms, le moyennage temporel destiné à éliminer l'effet de salle n'est pas envisageable. Pour s'affranchir de ce dernier ainsi que des effets de bord et de l'absorption du son dans l'air, une mesure de référence sur un panneau plan placé devant le diffuseur a été réalisé par soustraction spectrale.

Champ acoustique

Les mesures de directivité doivent alors être effectuées en champ lointain, distance limite à laquelle la source peut être considérée comme une

source plane. La méthode utilisée pour déterminer cette distance est une mesure de décroissance par rapport à la source. En effet, en champ proche, l'amplitude de l'onde décroît de 6dB par doublement de distance alors qu'en champ lointain, cette décroissance est de 3dB. Les mesures effectuées sur la source à 0.2m, 0.4m, 0.8m, 1.6m et 3.2m confirment son comportement en champ lointain à partir d'une distance de 80cm. Les mêmes mesures effectuées sur le panneau de référence confirment le comportement champ lointain à partir d'une distance de 50cm.

Surface active

Après avoir placé le système source diffuseur à 2m du sol pour éviter la prise en compte des réflexions parasites, les impulsions du champ direct et réfléchi espacés de 6ms permettent un fenêtrage de 1ms parfaitement compatible avec la fréquence de coupure basse de 1kHz du système d'acquisition. A 40kHz, le transducteur source utilisé devient relativement directif : l'angle d'ouverture du transducteur à -3dB à 40kHz d'environ 10° : une distance de 1.5m entre source et diffuseur permet ainsi d'obtenir une surface active de 30cm² à 40kHz, soit approximativement la surface du diffuseur, ce qui permet d'éviter les réactions locales sur tout le spectre, tout en respectant les conditions de champ lointain.

Méthode de calcul théorique simplifié de la réponse d'un diffuseur

Le diffuseur étudié obéit à la théorie de Schröder sur les QRD, basée sur les nombres premiers [1]. On considère que le QRD est symétrique par rapport à un bord de puits.

Le calcul de la réponse du diffuseur présenté ici ne tient compte que du déphasage entraîné par celui-ci sur l'onde acoustique incidente. Les termes d'atténuation dus à la distance parcourue par l'onde et à l'absorption par l'air n'étant ici pas pris en compte, cette méthode de calcul n'a de valeur quantitative que pour la position des lobes de diffusion.

Soient N_i , l'indice de puits, H_i , la profondeur du puits d'indice N_i , α et γ , respectivement les angles

d'incidence du haut-parleur et du microphone par rapport au plan du diffuseur, et en considérant les conditions de champ lointain (distances du microphone D_m et du haut-parleur D_{hp} à l'axe de symétrie du diffuseur grandes devant la largeur L du puits), le chemin parcouru par l'onde acoustique issue de la source vers le microphone après passage dans un puits N_i est [2] :

$$D_i = D_{hp} + D_m + 2 * H_i + L * \frac{(2 * N_i - \text{abs}(N_i) / N_i)}{2} * (\sin \alpha - \cos \gamma)$$

Analyse des résultats et validation du protocole de mesure

La comparaison des lobes de directivité entre résultats de mesure et prévisions par le calcul montrent une bonne concordance à partir de 3000Hz (pour l'échelle 1/10). La figure 1 présente les incidences des lobes de directivité et leur nombre pour toutes les bandes de fréquence. La dynamique de mesure en basses fréquences (en dessous de 3000Hz, à savoir 300Hz pleine échelle) reste cependant à améliorer pour obtenir des résultats fiables.

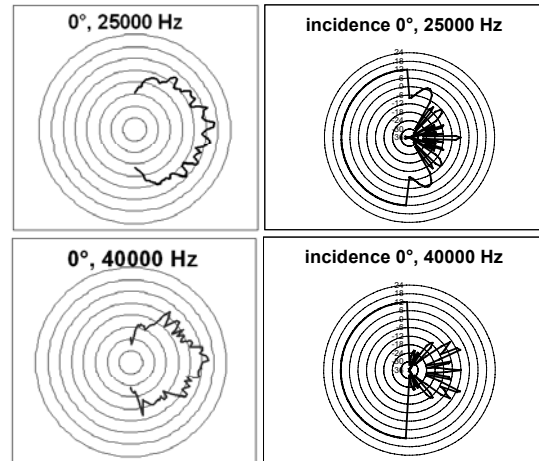
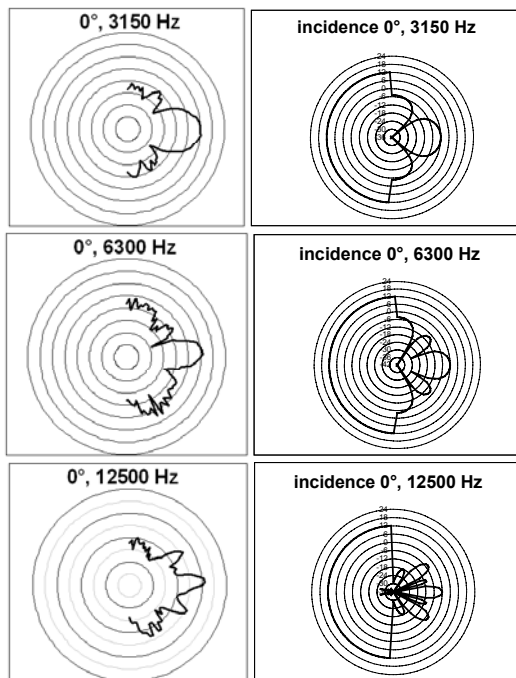


Figure 1 : comparaison des lobes de directivité entre mesure calcul.

Conclusion

Par ce travail, nous avons observé que le comportement global d'un diffuseur à résidus quadratiques pouvait être décrit par une mesure sur une maquette au dixième. Une généralisation cette méthode expérimentale permettra dans l'avenir de décrire le comportement d'une surface diffusante quelconque par le biais de son maquetage, dans le but de caractériser la diffusivité des surfaces architecturales (aménagements acoustiques) et urbaines (façades de bâtiments) [3].

Références

- [1] Schroeder M. R. Binaural dissimilarity and optimum ceiling for concert halls: More lateral sound diffusion. . J. Acoust. Soc. Am. 65, 1979.
- [2] Cox T J and Lam Y W. Prediction and evaluation of the scattering from quadratic residue diffusor. J. Acoust. Soc. Am. 95 (1), January 1994.
- [3] Woloszyn, P. An angular diffusivity geometrical model to predict urban sound diffusion, in: Acoustics 2003, Cadiz, Third International Conference Proceedings on Modelling and Experimental Measurements in Acoustics (III), 2003, WIT Press, Southampton, pp.24-32.