

> comprend ainsi que les contraintes acoustiques d'une salle de théâtre diffèrent de celles d'une salle de concert, sans parler de l'opéra qui conjugue parole et musique...

Comment connaître le temps de réverbération pour une pièce de forme quelconque? Il faut d'abord estimer le parcours moyen entre deux réflexions du son sur les parois en tenant compte de tous les trajets possibles, y compris les réflexions multiples sur les murs. Chose remarquable, il existe une estimation simple dans le cas d'une salle parallélépipédique: le parcours moyen est égal à 4 fois le rapport entre le volume de la pièce et sa surface. Pour une pièce large de 3 mètres, longue de 4 mètres et haute de 2,5 mètres, on obtient environ 2 mètres, une valeur inférieure à toutes les dimensions de la pièce. La raison en est que les réflexions dominantes sont celles entre murs adjacents (au niveau des arêtes et des coins).

Il nous faut ensuite connaître comment le son est absorbé, car plus l'absorption est importante, plus le temps de réverbération est court. Or les moyens de moduler l'absorption sont nombreux.

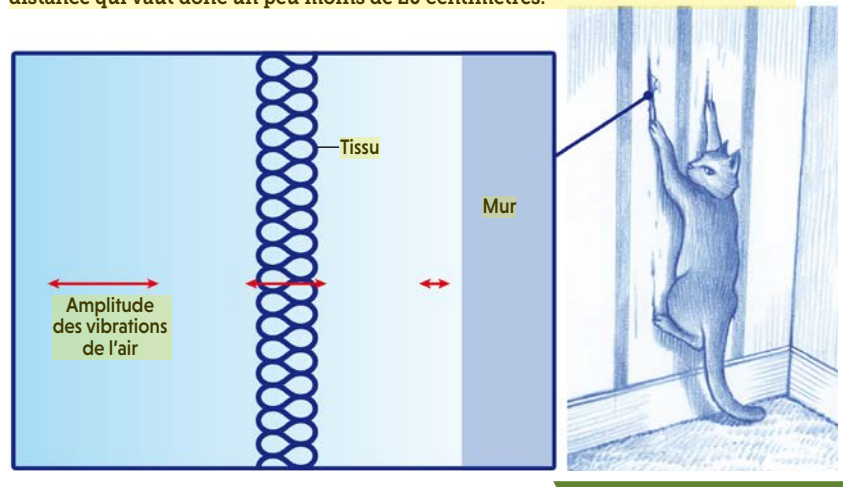
CONTRÔLER LA RÉVERBÉRATION EN MODULANT L'ABSORPTION

L'absorbant idéal (100%) est évidemment une ouverture – porte ou fenêtre ouverte – qui ne renvoie aucun son. Sinon, le son peut être partiellement transmis (et donc moins réfléchi) à travers des surfaces rigides. Par exemple, une vitre en verre transmet le son d'autant plus efficacement que celui-ci est grave: la transmission est de 35% à 150 hertz, 20% à 500 hertz (la tonalité du téléphone) et seulement 4% à 4000 hertz.

On peut aussi utiliser des matériaux poreux ou fibreux (moquette, tapis, plaque de liège...). D'une part, les oscillations de l'air provoquées par le passage de la vibration sonore s'amortissent dans les multiples petits canaux du matériau, par effet de viscosité (comme l'écoulement de l'eau dans un tuyau). D'autre part, une partie de l'énergie acoustique se transmet aux fibres, qui sont mises en mouvement. Toutefois, ces amortissements sont faibles si on colle le matériau à la paroi, qui est un nœud de vibration: les oscillations de l'air perpendiculairement à la surface y ayant une très faible amplitude, on a tout à gagner à écarter le matériau du mur (voir l'encadré ci-dessus). C'est flagrant avec les tissus et tentures suspendus: à 1 kilohertz, un rideau de velours absorbe près de 80% de l'intensité sonore.

DU TISSU MURAL BIEN POSÉ

Pour qu'un tissu mural absorbe bien les bruits, il faut laisser un espace entre lui et le mur, de l'ordre du centimètre. En effet, au niveau du mur, on a un nœud de vibration de l'air: les oscillations de l'air (doubles flèches, échelle exagérée) perpendiculaires au mur et dues à l'onde sonore y sont d'amplitude nulle. Or pour absorber de l'énergie sonore, un tissu mural (ou un rideau) doit se trouver là où les vibrations acoustiques sont notables. Pour une fréquence sonore de 440 hertz – la tonalité du téléphone –, l'amplitude des oscillations de l'air est maximale à une distance au mur égale au quart de la longueur d'onde du son, distance qui vaut donc un peu moins de 20 centimètres.



Le plus souvent, une pièce a des parois de natures différentes sur le plan acoustique. On caractérise alors chaque surface par sa surface équivalente de fenêtre ouverte, obtenue en multipliant l'aire considérée par le coefficient d'absorption. L'unité utilisée est le sabin, du nom du physicien américain Wallace Sabine qui, en 1898, a trouvé une très bonne approximation du temps de réverbération.

La probabilité moyenne d'absorption d'un son est alors le rapport entre la surface équivalente d'absorption et la surface totale des parois de la pièce. On calcule ensuite le temps de réverbération à partir du parcours moyen du son et de la probabilité moyenne d'absorption. *In fine*, il ne reste, dans la formule de Sabine donnant le temps de réverbération, que le rapport entre le volume de la pièce sur la surface absorbante, le tout multiplié par un coefficient numérique qui vaut environ 0,16.

Pour la salle parallélépipédique évoquée plus haut, le temps de réverbération avec des murs en béton est de 8 secondes. Avec de la moquette et du liège sur les murs, ce temps est divisé par 20, ce qui donne 0,4 seconde, une valeur tout à fait acceptable. En pratique, la présence de mobilier ou de spectateurs pour les salles de concerts change aussi considérablement les choses, et il faut prendre cela en compte pour estimer avec précision les propriétés acoustiques de la salle. ■

BIBLIOGRAPHIE

D. Keepports, **Simple echoes and subtle reverberations**, *Physics Education*, vol. 45(2), pp. 190-195, 2010.

H. G. Leventhall, **The acoustics of rooms**, *Physics Education*, vol. 2(2), pp. 101-106, 1967.