

REALISATION PERSONNELLE

Construction de panneaux absorbants à membranes



Qu'appelle-t-on du beau grave ? Est-ce un grave ample, tendu, profond, rapide, léger, percutant, dynamique ? On doit admettre que tous ces qualificatifs s'appliquent plutôt aux enregistrements et que le système de reproduction doit simplement retranscrire fidèlement le message enregistré.

Par Thierry Prévost

Si le grave enregistré est léger, on devra l'entendre tel et s'il descend très bas, cela devra être le cas à l'écoute. Si plusieurs sons graves sont mélangés, on devra pouvoir les reconnaître et également déterminer leur hauteur car, est-il besoin de le rappeler, c'est important dans le cadre des arrangements, des harmonies. Il s'agit des fondations de nombre de partitions. De même pour "gras" et tous les autres qualificatifs comme pesant, gonflé, imposant, résonant, car peut-être le message a-t-il été enregistré ainsi... Le système doit être aussi capable de reproduire des basses laides, les présenter comme telles, objets sonores exhibés et délimités dans leur dimension, ceci étant d'ailleurs à généraliser pour tout le spectre. Le système de reproduction se doit donc d'être neutre, ce qui dans le cas du grave, n'est pas si facile.

Abordons maintenant un point important : la salle d'écoute. Sauf rares exceptions, toute salle d'écoute imprime fortement sa personnalité sur les ondes sonores, par l'intermédiaire de ses proportions et dimensions. Certaines proportions sont plus favorables que d'autres, comme 1-1,6-2,6 (nombre d'or) ou mieux 1-1,4-1,9 puis 1-1,3-1,9 et 1-1,5-2,1 (d'après Loudon). Les proportions à éviter étant par exemple 1-2-2, 1-2-3, ce qui correspond souvent à des cas réels comme 2,40 m x 4,80 m x 4,80 m, très courantes. Les basses, de part la grande taille de leur longueur d'onde, ignorent superbement les petits traitements qu'on voudrait leur faire subir. Les mousses, tissus, moquettes sont pratiquement inefficaces au dessous de 100 Hz et trop peu au dessous de 200 Hz. Les résonances étant étroitement dépendantes des dimensions de la salle, on peut prati-



Vue du haut du panneau à l'extérieur. La fixation de la membrane sur le tasseau de section triangulaire est faite avec des petites pièces en bois et quelques vis. Il faut éviter de bloquer la membrane sur la fixation, lui laisser une légère liberté de mouvements. Comme la membrane porte sur deux arêtes fines, une en haut et une en bas, ces arêtes étant celles des tasseaux de section triangulaire, elle conserve la liberté de mouvements voulue tout en étant solidement fixée. Une face du triangle est collée sur le cadre, l'arête opposée est en contact avec la membrane. La membrane est comme "accrochée" sur les tasseaux de section triangulaire, par ces petites pièces en bois et maintenue par les vis. Du mastic silicone placé dans le creux de la section triangulaire (ici de l'autre côté, à l'intérieur du cadre, voir image 12) assure le maintien, l'étanchéité et l'absence de vibrations parasites.



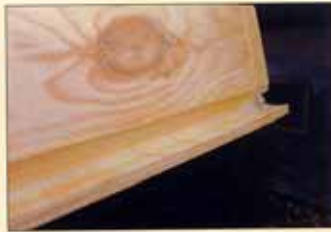
Une pièce de fixation de la membrane en bas du panneau. En bas, ces pièces sont à l'intérieur, et en haut à l'extérieur. Cela permet au poids de la membrane de reposer sur les quatre pièces une fois le panneau monté.



Vue de l'intérieur du panneau vers le haut, la membrane est fixée sur la tranche d'une barre en bois de section triangulaire, l'étanchéité est réalisée avec du mastic silicone.



Vue du côté droit du haut du panneau à l'extérieur.



Vue du tasseau de section triangulaire collé sur le cadre, sur lequel porte la membrane. (Bas d'un panneau). Étanchéité assurée avec du mastic silicone. Le mastic permet aussi d'éviter les bruits parasites de vibration.

Le panneau

Constitué d'un cadre qui supporte la membrane, cet assemblage est destiné à s'ajuster sur un autre cadre qui sert de support à la laine de verre et qui est fixé au mur. Les pièces de bois sont aux dimensions standards distribuées dans les magasins de bricolage.

quement les prévoir en faisant quelques mesures avec un mètre à ruban. Une feuille de calcul sous Excel, très utile à ce titre, existe sur un site Internet sous le nom de Excelacoustique. (Voir adresses en annexe).

Par exemple, les habitants d'appartements ayant une hauteur sous plafond standard, de 2,40 m et de 4 m x 5 m seront les heureux bénéficiaires de la célèbre résonance à 69 Hz, assortie des pics et des creux fournis avec, lesquels peuvent produire sans forcer des accidents de + ou - 30 dB dans la courbe de réponse, le trou à 42 Hz au milieu de la pièce qui devient une bosse au niveau des murs... Inutile de préciser l'énorme influence des résonances à l'écoute : effet de masque sur les fréquences les plus basses, notes ressortant de façon peu esthétique, effet de verrouillage sur une fréquence, variation de hauteur des notes, traînage, et finalement relecture peu artistique de la partition. Le traitement acoustique de la salle d'écoute est indispensable au delà d'un certain niveau de qualité!

Les moyens d'action

Nous proposons ici de décrire la construction d'un dispositif assez simple et extrêmement efficace pour l'amortissement des modes de réso-

nance principaux dans les salles. Le panneau absorbant à membrane a été choisi parmi des solutions toutes aussi intéressantes pour plusieurs raisons, principalement d'esthétique et d'encombrement. Parmi les autres moyens d'action, les "tube traps", sortes de tubes en laine de verre compressée, sont des cylindres qui ne peuvent passer inaperçus et les résonateurs de Helmholtz qui, outre le fait qu'ils sont assez pointus à régler, doivent être d'un volume très important pour être efficaces. Le panneau décrit ici fait 10 à 12 cm d'épaisseur et 2,40 m x 0,80 m. Ce dispositif fonctionne jusqu'à des fréquences assez basses en fonction de sa profondeur et de la densité de la membrane. Plus il est grand et plus son efficacité est grande. Il peut rester assez plat ce qui est un avantage pour l'intégration dans la pièce.

Le panneau résonant à membrane

Le jeu consiste à placer, là où la pression issue des résonances est maximale, (près des angles de la pièce et derrière les enceintes), une membrane fermant une enceinte close plate, dont l'intérieur est garni de laine de verre pas trop tassée maintenue par un cadre, de façon à ce qu'elle ne touche ni la membrane ni le fond du

panneau. La laine de verre doit être maintenue de façon assez rigide, de manière à l'empêcher d'accompagner le mouvement de la membrane. Celle-ci, qui peut être par exemple en contreplaqué de 9 mm, est suspendue de façon à lui permettre une liberté de mouvement et l'étanchéité est assurée par des soufflets, un peu comme une suspension de haut-parleur. La membrane, mise en mouvement par la pression sonore sur sa surface, va faire vibrer l'air contenu dans l'enceinte qui sera freiné par la laine de verre. L'énergie vibratoire sera convertie en chaleur, par frottement des molécules d'air dans la laine de verre. Cette transformation d'énergie, quoique portant sur des quantités beaucoup trop faibles pour mettre en route la machine à café, sera la plupart du temps suffisante pour absorber l'excès d'énergie produit par la résonance, à condition que sa fréquence soit comprise dans la bande d'efficacité du panneau. Comme ce système est assez amorti grâce à la laine de verre et les soufflets, la bande d'efficacité est plutôt large. Il conviendra de veiller particulièrement à ce que la membrane et la laine de verre ne se touchent pas et que l'onde interne soit forcée de traverser la laine de verre pour une efficacité maximum.

Par rapport à des systèmes de panneaux plus simples, ce système comporte plusieurs avantages dont le principal est un encombrement encore réduit, dû à une membrane efficace sur toute sa surface. L'amortissement important évitera aussi au panneau de restituer de l'énergie après extinction du signal, ce qui pourrait se traduire par du traînage, ici totalement absent à l'écoute.

Une fois le panneau monté, on constatera que la membrane reste assez libre dans une certaine mesure, ceci étant dû à la souplesse relative de la membrane et de sa suspension. Si on appuie sur un bord, on verra l'autre extrémité se relever. Si on presse sur une des deux moitiés, on constatera que l'autre moitié remonte. Ceci est un début d'explication de son fonctionnement et de son efficacité, en fait la membrane semble apte à prendre la forme des ondes auxquelles elle a affaire, par exemple justement celle des ondes de résonance sol - plafond tristement évoquées plus haut.

Le placement des panneaux est à effectuer en observant où se trouvent les maximums de pression aux fréquences de résonance, en général dans les angles de la pièce. C'est l'occasion de ressortir ces disques tant redoutés qui ne sonnent pas bien, il est probable que quelques-uns d'entre eux produisent les effets décrits ci-dessus. Une écoute au casque des enregistrements utilisés est très utile, en comparaison. Ceux qui disposent d'un générateur BF sont bien sûr avantagés...

Une formule existe, couramment utilisée, pour prévoir la valeur de la fréquence moyenne d'efficacité d'un panneau à membrane. La fréquence

ce est égale au nombre 60 divisé par la racine carrée de la masse du matériau de la membrane (en kg/m²) multipliée par la profondeur du panneau (en m).

$$F = 60 / \sqrt{m \cdot d}$$

Cette formule un peu empirique permet d'éviter des surprises. Il est de bon ton de considérer que l'efficacité du panneau s'étendra d'environ une octave de part et d'autre de la fréquence centrale s'il est assez amorti. S'il est trop amorti, l'efficacité globale diminuera. S'il est moins amorti, l'efficacité augmentera vers la fréquence centrale mais la bande d'efficacité sera moins large. L'expérience montre que, pour le panneau décrit, l'efficacité s'étend plus bas que celle calculée avec cette formule. Ceci semble normal si on observe qu'en général, les exemples de panneaux résonants décrits n'ont d'autre suspension que la membrane elle-même et sont donc plus rigides. Il est à noter que la longueur des ondes pouvant se développer à l'intérieur du panneau est plus grande que celle du quart d'onde de la distance membrane - fond du panneau, (ondes perpendiculaires à la membrane). Les ondes internes parallèles à la membrane, qui sont générées par ses premiers modes de fractionnement sont elles aussi contraintes à traverser la laine de verre, et elles sont majoritaires en ce qui concerne les résonances sol - plafond. En bref, la phase calcul gagniera fortement à être complétée par la phase expérimentation pratique.

Il est intéressant de concevoir le panneau pour qu'il soit démontable, ce qui sera pratique en cas de déménagement.



Laine de verre montée sur le châssis, prise entre des baguettes en bois.

La laine de verre

Elle est maintenue par ce cadre qui est lui-même fixé au mur. Le fond de l'assemblage est ici constitué simplement par le mur.



Vue du montage de la laine de verre entre les baguettes. Les baguettes font la largeur du châssis. Elles enserrant les deux épaisseurs de laine de verre sans trop les compresser, tout en les immobilisant suffisamment.



Vue du bas d'un châssis, avec la fixation de la laine de verre prise entre des baguettes.



Vue d'un soufflet entre la membrane et le cadre.



Vue d'un soufflet, il s'agit d'un joint de calfeutrage de portes de largeur suffisante, ici environ 10cm. Ces joints sont en vente dans les magasins de bricolage. Ses bords sont agrafés d'une part sur le cadre et d'autre part sur la membrane. Il faut d'abord agraffer un des côtés des joints sur le cadre, retourner le cadre puis agraffer l'autre côté du joint sur la membrane, en déportant le cadre de façon à faire passer l'agrafeuse. (Agrafeuse électrique conseillée).



Vue du soufflet, des agrafes, du cadre et de la membrane. La membrane est un panneau décoratif plaqué sur les deux faces, épaisseur 9mm. Cette épaisseur est un bon compromis entre efficacité et étendue vers les plus basses fréquences.



Un soufflet vu de l'intérieur du panneau.



Elasticité du soufflet.



Autre vue montrant l'élasticité des soufflets.



Le soufflet en compression.

Le soufflet

C'est la nouveauté de ce modèle de panneau absorbant ! Il doit être étanche, assez souple, assez épais et fixé de façon à éviter les fuites d'air. Une fois monté, le panneau doit se comporter comme une enceinte close.

La page Excel de calcul des résonances de Bertrand Schmerber, Excelacoustique :
http://b.schmerber9online.fr/pages_div/index.htm
 Divers sites en anglais :
<http://www.acousticciences.com/articles/cb1191.htm>
<http://www.customaudiodesigns.co.uk/articles/membranes.html>
<http://www.ethanwiner.com/basstrap.html>
http://www.cbftp.com/home.php?id_art=87&id_site=2
 Mots clés pour une recherche Internet :
 Bass absorption, bass trap, tube traps, room resonance...

En conclusion :

On ne peut qu'encourager la construction de tels dispositifs car l'effet immédiat est forcément une amélioration, ce qui n'est pas toujours le cas d'autres évolutions portant sur quelques fractions de pour cent, voire indécélables à la mesure, sans parler de l'écoute. Ceux qui sont intéressés par une reproduction des basses correctes, respectueuses de la partition et sous la forme d'une vraie et belle vibration plutôt qu'un remplissage uniforme dans le bas du spectre auront tout bénéfice à se pencher sur les techniques de traitement acoustique des salles, car c'est un passage obligé. La pièce compte pour au moins 40 % du

résultat. Evidemment, cette condition nécessaire n'étant pas suffisante, il faut aussi se pencher sur le système de haut-parleurs qui intervient pour au moins 40 autres pour cent, ce qui semble raisonnable. Ce qui ne signifie pas que les vingt pour cent restants soient négligeables, bien entendu.

Thierry Prévost

Bibliographie et liens internet :

L'Audiophile 1ère série n° 15, 16, 22,
 L'Audiophile 2ème série n°4, 7, 19,
 Pierre Loyez, Techniques des hauts parleurs et
 enceintes acoustiques, Edition Dunod.



Le panneau sait se faire oublier.



Un panneau résonant derrière une enceinte.

L'enceinte est placée juste devant le panneau sans toucher sa membrane.



Vue rapprochée de la laine de verre sur le châssis.



Vue de la laine de verre sur le châssis, après avoir ôté la membrane et le cadre. La laine de verre utilisée est le " Soniroll " de Saint Gobain, en deux épaisseurs. C'est un produit spécifique pour le traitement acoustique, mais d'autres produits peuvent être choisis. Elle est prise entre deux voiles de verre, est légère et assez rigide. Le produit se présente sous la forme de rouleaux. Une fois la laine de verre déroulée elle devient rigide et aisément manipulable en panneaux. Elle fait très peu de poussières de verre. Néanmoins, il est impératif de porter des gants lors de l'installation, et si possible un masque anti-poussières et des lunettes.