

Les SECRETS DE LA RADIO ET DE LA TÉLÉVISION dévoilés aux débutants

LA CONSTRUCTION ET LE MONTAGE MODERNES RADIO - TV - ÉLECTRONIQUE

La construction des enceintes BASS-REFLEX

LA réalisation des enceintes acoustiques petites dimensions destinées aux installations réduites, mais de qualité musicale aussi élevée que possible, est obtenue, nous l'avons montré, en adoptant des systèmes d'enceintes closes, ou **baffles infinis**, permettant, en particulier, une reproduction relativement satisfaisante des sons graves. Il faut toutefois utiliser des haut-parleurs soigneusement choisis à cet effet, et des coffrets convenablement amortis.

Les progrès obtenus dans cette direction ne suppriment nullement l'intérêt des enceintes rationnelles, ou **baffles à contre-résonance**, appelé aussi **bass-reflex**; ce dispositif a l'aspect d'un coffret fermé également de toutes parts, sauf sur la face frontale, sur laquelle se trouve une ouverture circulaire destinée au haut-parleur et, généralement, une autre ouverture qui met l'air extérieur en communication avec la face arrière du diffuseur du haut-parleur. Cette ouverture ou évent peut, d'ailleurs, affecter différentes formes et, sur des modèles plus ou moins divers, elle est disposée à l'arrière, sinon latéralement, et peut même être fragmentée et, en quelque sorte, **distribuée**.

En principe, ce dispositif dont les dimensions peuvent être très variables mais restent dans des limites raisonnables, abaisse d'environ une octave la limite de reproduction des fréquences du haut-parleur, en permettant ainsi une meilleure reproduction des sons graves.

Comme l'indique le nom du système, le déplacement du diffuseur est fortement réduit aux environs de la fréquence de résonance, ce qui réduit, par là même, la distorsion non linéaire du haut-parleur pour cette fréquence, les phénomènes de doublement de fréquence, et d'intermodulation. L'amélioration obtenue est particulièrement sensible lorsqu'on utilise, comme cela a lieu fréquemment, un amplifi-

cateur permettant un renforcement particulier des sons graves, pour compenser, en partie, la déficience sur cette gamme du système de reproduction.

Cette enceinte et ses dérivés constituent un groupe nombreux et important de la famille des enceintes acoustiques. Comme tous les dispositifs proposés jusqu'ici, ils présentent évidemment des avantages et des inconvénients. Les variantes extrêmement nombreuses et diverses qui ont été proposées, et dont nous indiquerons quelques-unes, montrent bien que les chercheurs se sont rendu compte de ces défauts, et ont tenté de les éliminer tout en conservant les avantages essentiels inhérents à ce procédé.

En ce qui concerne l'encombrement relatif, le prix de revient et la facilité de construction, cette enceinte à contre-résonance constitue, en principe, le système le plus rationnel mais, généralement, à condition d'utiliser au moins un haut-parleur pour sons graves de résonance propre inférieure à 50 Hz, parce que des fréquences de résonance plus élevée peuvent déterminer des effets parasites plus ou moins gênants.

PRINCIPES DE BASE DU BASS-REFLEX

L'idée de base du système consiste à **augmenter la charge acoustique appliquée sur l'arrière du diffuseur pour les fréquences basses** et, spécialement, au voisinage de la fréquence de résonance du haut-parleur, en utilisant un effet de résonance, d'un résonateur Helmholtz.

Ce résonateur consiste en un récipient quelconque, en principe sphérique, dont les parois sont rigides, et qui est relié à l'extérieur par un goulot dont la longueur peut d'ailleurs, être réduite uniquement à l'épaisseur de la paroi, ce qui constitue un évent simple (Fig. 1); l'air contenu dans le goulot pos-

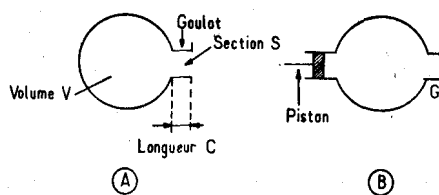


FIG. 1

sède une certaine masse et l'air contenu dans le récipient, grâce à son élasticité, joue le rôle d'un ressort.

communique ainsi avec l'atmosphère par un petit évent, ou conduit étroit, il existe une certaine fréquence, pour laquelle il se produit une résonance de l'air qui se dé-

Quand une cavité de ce genre

place à travers l'évent, en combinaison avec les forces élastiques de l'air contenu dans la cavité; cette résonance est facilement obtenue, et permet de renforcer les sons de fréquences voisines.

La fréquence de résonance de l'enceinte est réduite quand on augmente le volume de la cavité, ou quand on réduit l'ouverture de l'évent, mais, si ce dernier est trop petit, il ne peut plus rayonner suffisamment d'énergie, sauf à la fréquence de résonance, et le système agit ainsi à peu près comme un coffret clos ou baffle infini.

En fait, le phénomène est assez compliqué, parce que l'air contenu dans le goulot est également compressible, et que l'air contenu dans l'enceinte présente une certaine inertie.

A condition, cependant, que les dimensions du résonateur soient petites par rapport à la longueur d'onde, on a pu établir une relation approchée indiquant la fréquence de résonance du système, en fonction des différents éléments, que nous donnerons ci-dessous à l'intention des amateurs de précision :

$$f = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{V(l + \frac{\sqrt{\pi}}{2} \sqrt{A})}}$$

Dans cette formule, f est la fréquence de résonance. C'est la vitesse du son, A la section du goulot, et l sa longueur, V , le volume de la cavité, en tenant compte du volume du haut-parleur, de celui de l'évent, mais non de celui des absorbants acoustiques. Cette relation permet de calculer la résonance d'une manière approximative parce qu'elle ne tient pas compte de la forme de la surface du goulot, qui présente une importance, comme le montre, d'ailleurs, la diversité des formes utilisées.

On voit sur cette formule, qu'on **abaisse** la fréquence de résonance en **augmentant** le volume de l'enceinte, en **diminuant** la surface de l'évent, et, au contraire, en **augmentant** la longueur du goulot.

En évaluant la vitesse du son en centimètres par seconde, la surface du goulot en centimètres carrés, la longueur en centimètres, et le volume en centimètres cubes, cette formule peut être écrite sous la forme simplifiée :

$$f = 5400 \sqrt{\frac{A}{V(l + 0,9 \sqrt{A})}}$$

A première vue, la fréquence de résonance ne semble dépendre ainsi que du volume de l'enceinte, et non des dimensions de celle-ci; le système ne peut donc être assimilé à un tuyau sonore, par exemple, à un tuyau d'orgue; mais, en fait, il se produit des résonances parasites, qui dépendent des dimensions diverses de l'enceinte et de sa forme d'où la diversité extrême également des formes adoptées.

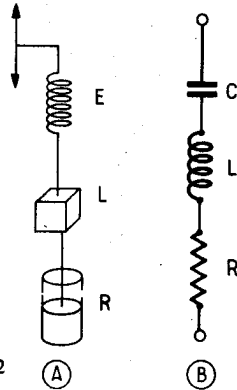


FIG. 2

L'effet de résonance peut être obtenu en produisant un son de la fréquence correspondante au voisinage du goulot; mais, dans les enceintes bass-réflex, la charge acoustique est obtenue, en fait, en rendant, en quelque sorte, mobile un élément de paroi; tout se passe comme si la résonance du système de Helmholtz était assurée par un piston vibrant, comme on le voit sur la figure 1-b; le piston vibrant est simplement remplacé par un haut-parleur, et le goulot peut être disposé à l'intérieur de l'enceinte, afin de réduire l'encombrement.

Pour la fréquence de résonance, la charge acoustique appliquée à l'arrière du diffuseur est maximale et uniquement résistive; les pressions sonores produites par la face frontale du diffuseur et par les ondes qui proviennent de l'évent sont en quadrature et, à ce moment le rayonnement de l'évent est important. Au-dessus de la fréquence de résonance, les pressions sonores tendent à être en phase et, au-dessous, au contraire, en opposition; ainsi pour 2/3 d'octave au-dessus et au-dessous de cette fréquence, presque toute la puissance sonore est rayonnée par l'évent.

Les dimensions de la cavité et de l'évent sont déterminées de façon que la résonance fondamentale de l'enceinte soit très voisine de la fréquence de résonance propre du haut-parleur fixé sur la paroi; pour les fréquences immé-

diatement supérieures à la résonance fondamentale, les émissions sonores de l'évent et du diffuseur sont partiellement en concordance de phase; elles s'ajoutent, et le rendement est augmenté.

Quand la fréquence est rapprochée de celle de l'enceinte, le haut-parleur fonctionne en agissant en opposition avec une impédance acoustique, qui augmente jusqu'à un maximum produit pour cette fréquence. L'amplitude de ses vibrations est ainsi réduite, de même que les distorsions; l'émission sonore est produite essentiellement par l'évent, et l'ensemble de la cavité et de l'évent présente un rendement maximum. Pour les fréquences inférieures à la résonance fondamentale, les émissions sonores produites par le diffuseur et l'évent tendent à devenir en opposition de phase, et, par suite, le rendement diminue.

Les phénomènes pratiques peuvent varier suivant les conditions de fonctionnement; lorsque l'enceinte acoustique a un grand volume le réglage des fréquences de résonance est beaucoup moins nécessaire; celles-ci se manifestent pour des fréquences très basses, et l'accord obtenu ne peut être précis. Les modifications des dimensions des événements n'assurent pas une variation importante des résultats.

Pour tirer, en général, le meilleur parti d'une enceinte bass-réflex il est nécessaire normalement de l'accorder, comme nous le verrons, c'est-à-dire de rendre égale la fréquence de résonance de l'évent et la fréquence de résonance du haut-parleur, mais, si cet accord est utile, pour les enceintes de petites dimensions, il l'est beaucoup moins comme nous venons de l'indiquer, et les effets d'un désaccord ne sont, en fait, **vraiment graves** que si ce désaccord est très important, lorsque, par exemple, la fréquence de résonance de l'évent est de l'ordre du double de celle du haut-parleur.

LES ANALOGIES ACOUSTIQUES ET ELECTRIQUES

Un haut-parleur et une enceinte acoustique constituent essentiellement des systèmes mécaniques et acoustiques qui peuvent être étudiés en se basant sur les lois habituelles de la mécanique, mais, il est possible de comparer ces caractéristiques à des systèmes **électriques** et de remplacer ainsi l'étude des problèmes mécaniques, par celle de problèmes **électriques**. Cette étude analogique a donné souvent, des résultats remarquables.

Au point de vue **mécanique**, le haut-parleur peut être décomposé en plusieurs éléments; le diffuseur et l'air déplacé possèdent une certaine **masse** et, par suite, une certaine **inertie**; les dispositifs de fixation et de rappel présentent aussi une certaine **élasticité**. Les différents frottements et la viscosité de l'air **absorbent** sous forme

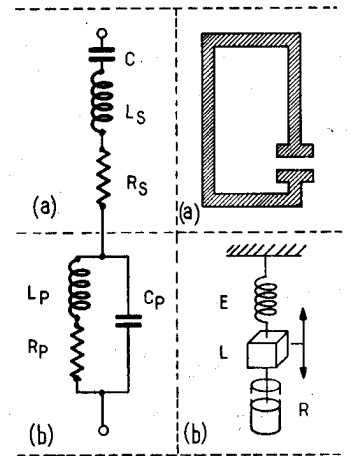


FIG. 3. FIG. 4.

de chaleur une partie de l'énergie vibratoire du cône. Une autre partie de l'énergie est dissipée sous forme de rayonnement et constitue la partie utile. On voit, sur la figure 2-a, cette équivalence mécanique, E l'élément de rappel élastique, I l'élément d'inertie, et R l'élément, dans lequel se produit l'absorption d'énergie.

A ces éléments **mécaniques**, correspondent des **éléments électriques**. Comme on le voit sur la figure 1-b, ce système **électrique** est ainsi un montage de **circuit-série**; dans un système de ce genre, l'équivalent électrique est composé d'une capacité C, d'une seule inductance L et d'une résistance en série, correspondant respectivement aux dispositifs de suspension, c'est-à-dire à la rigidité élastique, à la masse du cône, aux divers frottements, et à l'énergie rayonnée.

Ce système électrique fonctionne suivant le principe du circuit-série. A la résonance l'impédance est minimale, et il y a surtension ou surintensité maximale; de même.

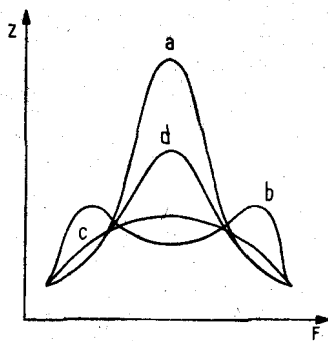


FIG. 5.

dans le cas du circuit mécanique, le déplacement de la masse et l'effort du système de rappel sont maxima.

L'impédance mécanique est minimale à la résonance, mais, par contre, l'impédance électrique aux bornes extérieures du circuit est maximale. Le phénomène est identique à celui constaté dans un circuit électrique de résonance ou circuit-bouchon ; le courant qui circule dans le circuit lui-même formé par le condensateur et la bobine est très grand, et l'impédance est très faible, parce qu'il s'agit d'un circuit-série ; au contraire, lorsqu'on recueille les signaux aux bornes extérieures, l'impédance est maximale, l'énergie recueillie aux bornes est la plus faible, comme cela est constaté dans les circuits en dérivation (Fig. 3-b).

Au point de vue mécanique, le haut-parleur agit ainsi comme un circuit monté en série, mais, au point de vue électrique, aux bornes d'accord du haut-parleur, comme un circuit-bouchon. Ce circuit offre une forte impédance pour la fréquence de résonance, et une faible impédance lorsqu'on s'en écarte (Fig. 5).

Le haut-parleur lui-même peut ainsi être représenté par un circuit-série (a) et la cavité de résonance par un circuit oscillant en dérivation (b) (Fig. 3 et 4).

Lorsqu'on relie en série les deux circuits (a) et (b), le circuit-bouchon (b) étant accordé sur la même fréquence que le circuit (a), l'impédance totale obtenue est

beaucoup plus constante, quelle que soit la fréquence d'oscillation de la source.

Ce résultat est représenté par des courbes de la figure 5 ; la courbe L de l'impédance en fonction de la fréquence présente deux bosses à peu près également espacées de la fréquence d'accord des circuits a et b ; en augmentant la résistance R_P du circuit-bouchon, nous pouvons éliminer plus ou moins ces deux bosses, comme on le voit sur la figure c, mais, si la résistance est trop grande, la bosse centrale réapparaît de nouveau, comme on le voit sur la courbe 3 d.

Mécaniquement, il en est de même en utilisant un circuit-bouchon acoustique constitué par la cavité résonnante, en série avec le circuit acoustique du haut-parleur ; il est possible d'obtenir plus ou moins une courbe pratiquement plate.

Le résonateur est représenté schématiquement sur la figure 6 avec sa cavité fermée et une ouverture en forme de conduit L ; c'est un circuit à rigidité élastique et à inertie combinée formant un circuit résonnant.

Il peut aussi être représenté, comme nous l'avons montré, par un équivalent électrique en forme de circuit-bouchon. L'élasticité correspond à la capacité C, l'inertie de la masse d'air dans le tuyau I à la self-induction, la résistance R du circuit est produite par l'absorption des parois du résonateur, la viscosité de l'air, et le rayonnement de l'orifice du tuyau.

Le haut-parleur est disposé de sorte que son cône serve de piston, et provoque la compression et la dépression de l'air dans la cavité, comme le montre la figure 6, qui représente la section du bass-réflex normal.

Nous avons déjà étudié la relation de phase entre le rayonnement sonore du cône et le rayonnement d'ouverture ; il est sans doute souhaitable d'obtenir une mise en phase exacte, mais, en fait, rappelons-le, le déphasage peut atteindre pratiquement 90° sans soustrac-

tion des effets. En pratique, il ne dépasse jamais 90° .

Le rayonnement de la face arrière du cône est, en effet, déphasé de 180° par rapport à celui de la face frontale, puisque quand une face de cône produit une poussée, l'autre produit une traction. Ce rayonnement est encore une fois déphasé de 90° dans la cavité résonnante ; sur les parois, il se produit un nœud de courant et sur la fente où la vitesse de déplacement de l'air est la plus grande, un centre de courant, ce qui explique ce déphasage.

D'autres phénomènes, en particulier, la durée du trajet entre le cône et la fente réduisent encore ce déphasage, de sorte qu'en pratique les deux composantes rayonnées s'additionnent.

LA DETERMINATION DU VOLUME DE L'ENCEINTE

Nous avons déjà indiqué plus haut la formule indiquant la fréquence de résonance d'une cavité de Helmholtz ; elle permet de connaître le volume en remplaçant C et π par leur valeur, et l'on trouve :

$$V = \frac{3.10^6 A}{f^2 (1 + 0,886 \sqrt{A})}$$

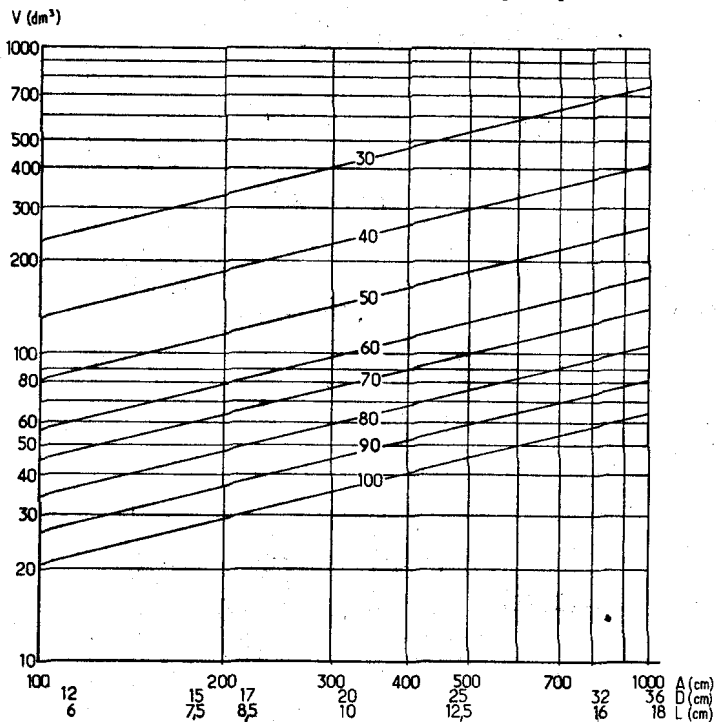


FIG. 7.

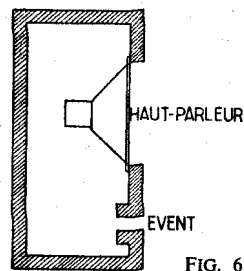


FIG. 6.

Cette formule donne théoriquement le volume V en cm^3 en fonction des éléments de l'enceinte, la section du tuyau au cm^2 A et la fréquence de résonance en Hz ; pour un haut-parleur déterminé, la fréquence est imposée ; c'est la fréquence de résonance du haut-parleur adopté. Mais, la section du tuyau, et la profondeur du conduit peuvent être choisies en tenant compte du coffret que l'on veut réaliser.

La section-A se trouve au numérateur de la fraction à un degré plus élevé qu'au dénominateur ; le volume V est donc d'autant plus grand pour une fréquence de résonance donnée, que A est lui-même plus grand.

En principe, nous l'avons déjà noté, on peut ainsi être tenté de diminuer le plus possible la sec-

tion de l'évent pour restreindre le volume et, par suite, l'encombrement de l'enceinte ; il y a cependant une limite. En diminuant cette section A le rayonnement d'ouverture diminue aussi ; la section de l'ouverture ne peut ainsi être inférieure à la moitié de l'ouverture du haut-parleur, et la surface maximale ne peut dépasser le double de celle-ci, car l'encombrement de l'enceinte deviendrait prohibitif.

La longueur de l'évent I figure aussi au dénominateur et un allongement correspond à une diminution de volume de la cavité ; pour des raisons pratiques, le conduit, s'il existe, est monté à l'intérieur de l'enceinte, et sa longueur ne peut être choisie aussi grande qu'on le veut ; elle ne peut dépasser la moitié de la profondeur de l'enceinte.

UN GRAPHIQUE SIMPLIFIÉ

En se basant sur ces considérations, on peut établir un graphique ou abaque permettant de trouver approximativement le volume de l'enceinte, en connaissant le diamètre du haut-parleur utilisé. On peut aussi se baser sur la formule simplifiée suivante :

$$V = \frac{36,6 \cdot 10^6 \cdot R}{f^2}$$

En considérant la longueur du conduit égale au rayon R du haut-parleur et la section A, qui a pour valeur πR^2 .

La section de la fente est égale à celle du haut-parleur ; la profondeur de l'enceinte est égale à la moitié de la hauteur, qui correspond à une fois et demie la largeur. Ces proportions plus ou moins arbitraires permettent généralement d'obtenir une forme commode.

Pour trouver avec cet abaque le volume de la cavité, on part, comme nous l'avons indiqué, du diamètre du haut-parleur utilisé, indiqué sur l'échelle horizontale, et on trace une ligne verticale jusqu'au point d'intersection avec la droite oblique correspondant à la fréquence de résonance du haut-parleur adopté (Fig. 7).

Le point correspondant de l'échelle verticale indique le volume de la cavité ; la section de l'ouverture du conduit, égale à celle du haut-parleur, est donnée par la relation $S = 3,14 R^2$.

Si l'on veut trouver le volume d'une enceinte dont l'ouverture du conduit est inférieure ou supérieure à celle du haut-parleur utilisé, il suffit de partir du diamètre du cercle ayant même surface que celle prévue pour la section du conduit. Dans tous les cas, la profondeur du conduit est égale au rayon du cercle de même surface indiquée sur l'échelle L. On augmente la profondeur pour compenser le volume occupé par le haut-parleur et les dimensions calculées sont des dimensions intérieures ; il ne faut pas oublier de tenir compte

également de l'épaisseur du matériau absorbant recouvrant le fond et deux autres faces intérieures au moins, non en regard l'une de l'autre.

LES COURBES D'IMPÉDANCE

Un haut-parleur fonctionnant à l'air libre présente, en fonctionnement, une seule pointe de la courbe d'impédance sur une fréquence basse, pour le point qui correspond à la résonance fondamentale. Lorsqu'on place le haut-parleur dans une enceinte close, cette pointe se manifeste encore, mais pour une fréquence plus élevée, comme nous l'avons déjà noté ; avec l'enceinte bass-reflex comportant un évent il se produit deux pointes de résonance avec un creux entre les deux bosses pour la fréquence d'accord du système, ce qui correspond habituellement à la résonance du haut-parleur à l'air libre, comme on le voit sur la figure 5.

En fait, avec un amplificateur de haute qualité présentant un facteur d'amortissement satisfaisant, la réponse en fréquence de l'ensemble de l'enceinte et du haut-parleur est indépendante des variations d'impédance.

Malgré tout, l'examen de la courbe d'impédance permet d'obtenir des indications utiles ; elle montre à quelle fréquence le système doit être accordé ; elle indique également quelle est la fréquence de la pointe la plus élevée qui constitue le plus grand danger à éviter.

Les enceintes de petit volume ont, en fait, un effet plus grand sur l'impédance du haut-parleur, parce qu'elles sont, en quelque sorte, couplées d'une façon plus serrée avec le haut-parleur ; l'impédance du haut-parleur est plus faible à la résonance dans les petites enceintes que dans les grandes. Ces petites enceintes peuvent ainsi être accordées plus efficacement, mais il est impossible de déterminer le volume optimal simplement par l'observation des courbes d'impédance.

On peut, cependant, avoir une idée suffisante de la gamme de réponse en fréquence en examinant deux enceintes, et l'on constate des différences notables. Par exemple, en accordant une petite enceinte sur 90 Hz et une grande sur 60 Hz, la différence est particulièrement nette pour la reproduction des sons musicaux des instruments de musique de grand volume.

Une autre différence constatée avec des enceintes de grand volume ou de volume réduit est l'écart qui sépare les pointes des courbes d'impédance ; ces pointes sont plus rapprochées pour les enceintes de faible volume que pour les petites.

Un moyen pratique de référence pour cette mesure consiste à diviser la fréquence de la pointe la plus élevée par la fréquence de la pointe la plus faible ; le quotient doit être un nombre réduit

déterminé. On a proposé un chiffre de 3,13 pour obtenir une réponse optimale aux transitoires. Il est cependant difficile de prévoir le rapport le meilleur pour une combinaison particulière de haut-parleur et d'enceinte.

Lorsqu'on veut établir une enceinte, il faut cependant considérer aussi bien sa forme que son volume, parce que cette forme a également une influence sur la fréquence de réponse et l'impédance. Il ne faut pas chercher à réaliser des formes extrêmes, telles qu'un cube ou un tube, mais on utilise des formes sphériques. Une bonne règle générale consiste à adopter des dimensions intérieures différentes, mais on limite les mesures intérieures les plus longues de façon à ne pas dépasser un rapport de trois fois entre la dimension la plus grande et la plus courte.

LE CHOIX DU HAUT-PARLEUR

Lorsqu'on veut établir une enceinte bass-reflex il faut évidemment choisir un haut-parleur, déterminer le volume de l'enceinte et sa forme, les dimensions et la forme de l'évent servant à l'accord.

Le haut-parleur n'a pas besoin de produire des courses du diffuseur d'une aussi grande amplitude que s'il s'agissait d'un coffret clos, ou baffle infini. Il n'est donc pas indispensable de choisir un diffuseur présentant une suspension aussi souple ; par contre, la membrane doit être rigide, et la fréquence de résonance doit généralement être comprise entre 20 et 30 Hz.

Mais, il n'est pas toujours facile d'accorder une enceinte de volume moyen sur une fréquence aussi basse, et un haut-parleur de fréquence très basse a bien souvent un diffuseur de grande souplesse ; il se produit une sorte de compensation. En fait, pour une enceinte relativement réduite, la fréquence du haut-parleur peut être comprise entre 20 et 40 Hz ; la fréquence de résonance peut être d'autant plus élevée en pratique que le haut-parleur est plus réduit, mais, en général, les haut-parleurs de grand diamètre et à fréquence de résonance basse sont préférables.

Les courbes de réponse en fréquence ne dépendent pas, en fait, de la dimension du haut-parleur ; on peut ainsi, en principe, obtenir une bonne reproduction des sons graves avec un haut-parleur de diamètre relativement faible, mais à condition que sa fréquence de résonance soit basse, ce qui n'est pas facile à obtenir, que son coefficient de qualité soit satisfaisant, et qu'il puisse supporter des déplacements importants de la bobine mobile.

Pour une même puissance sonore, et pour un son grave dé-

terminé, l'amplitude de la vibration est, en effet, inversement proportionnelle au carré du diamètre effectif du diffuseur. Pour produire un même niveau sonore, un haut-parleur de 20 cm doit donc permettre un déplacement trois fois plus grand qu'un autre d'une trentaine de centimètres ; mais en pratique, ce sont aussi les haut-parleurs de plus grand diamètre qui permettent d'obtenir les amplitudes les plus importantes.

LE CHOIX GÉNÉRAL DU VOLUME

Le volume de l'enceinte acoustique est déterminé, comme nous l'avons indiqué, par différents facteurs et, en premier lieu, par le diamètre du haut-parleur et sa fréquence de résonance propre. Il y a cependant une certaine marge ; le volume d'une enceinte ne doit être ni trop grand ni trop petit pour que le couplage entre le haut-parleur et l'enceinte soit suffisant mais non excessif ; il est déterminé par le rapport entre la rigidité, ou force d'élasticité de l'air enfermé dans l'enceinte, et la rigidité plus ou moins grande de la suspension du haut-parleur, qui est l'inverse de la compliance. Ce coefficient

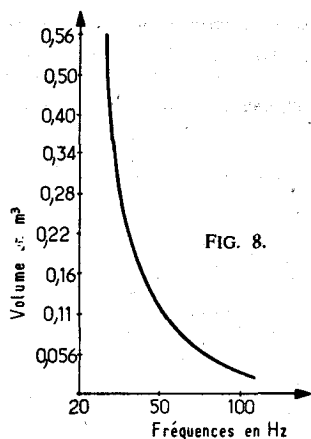


FIG. 8.

doit avoir une valeur idéale voisine de l'ordre de 1.

En employant un haut-parleur spécial pour sons graves, cette condition amène à utiliser des volumes relativement importants et c'est pourquoi il n'y a guère de risque, en pratique, à utiliser une enceinte trop grande plutôt qu'une enceinte trop réduite. Ainsi, avec un haut-parleur de l'ordre de 30 cm, la théorie montre que le volume idéal de l'enceinte serait de l'ordre de 500 dm³, ce qui est évidemment considérable; par contre, pour un petit haut-parleur, il n'en est plus ainsi et le coefficient de couplage est beaucoup plus élevé; la réponse en fréquence devient plus analogue à celle d'un baffle infini, mais la réponse aux transitoires peut être meilleure, et la distorsion sensiblement réduite.

Il y a une limite, comme nous l'avons déjà indiqué; si le volume de l'enceinte est réellement trop réduit, l'évent doit également avoir des dimensions extrêmement faibles et il se produit des phénomènes non linéaires, qui déterminent des distorsions très gênantes; les résultats sont encore meilleurs, comme nous l'avons montré dans un récent article, avec la méthode du baffle infini pour des enceintes miniatures.

Dans la majorité des cas, le volume pratique est limité par des considérations matérielles ou esthétiques; en général plus l'enceinte est grande, plus la reproduction des sons graves est satisfaisante; avec de petits haut-parleurs la tonalité grave est même excessive, défaut qu'il est possible de corriger en agissant sur le réglage de tonalité, et en ajoutant, s'il y a lieu, un tweeter séparé. Les fortes intensités sonores dans les sons graves peuvent, d'ailleurs, entraîner parfois des distorsions harmoniques.

Lorsqu'il est établi convenablement, un diffuseur de grand diamètre fournit toujours, évidemment, de meilleurs résultats sur les basses fréquences, même si sa fréquence propre est inférieure à celle de l'évent. Il en est ainsi, par exemple, pour un haut-parleur de 30 à 38 cm; par contre, pour un haut-parleur de 21 cm la distorsion est réduite en limitant l'amplitude

des déplacements du diffuseur au moyen d'une enceinte de faible volume et d'un filtre acoustique, ou en employant à la fois les deux méthodes.

On peut se demander si l'utilisation d'un seul haut-parleur dans une enceinte bass-reflex est recommandable ou, en tout cas, possible; il semble que l'on puisse, en effet, obtenir de bons résultats avec un équilibre de tonalité suffisant au moyen même d'un seul haut-parleur de 21 cm placé dans une enceinte bass-reflex de volume modéré. Les résultats obtenus avec des conques acoustiques démontrent, d'ailleurs, cette possibilité. Mais le haut-parleur adopté doit avoir un bon rendement pour les sons aigus, car la charge acoustique ne permet plus l'émission de sons de fréquence élevée avec une des faces du diffuseur.

A moins d'employer des systèmes doubles coaxiaux, il paraît, par contre, difficile d'utiliser un seul haut-parleur, de l'ordre de 25 ou 30 cm et au-delà, sans utiliser, en même temps un tweeter augmentant le rendement sonore à partir de 3 000 ou 5 000 Hz. On supprime ainsi les sons plus ou moins de tonneau et on augmente l'effet spatial obtenu; le tweeter peut simplement être monté à l'intérieur de l'enceinte principale, s'il comporte une chambre de compression, ou extérieurement sur un petit baffle plan, pour un modèle à diffuseur conique normal.

Enfin, lorsqu'on veut utiliser un haut-parleur de grand diamètre, de l'ordre de 38 cm, il devient nécessaire d'ajouter des éléments séparés pour les sons médiums et les aigus.

LES CARACTERISTIQUES DE L'EVENT

L'évent peut avoir la forme d'une simple ouverture dans la paroi frontale, mais aussi différentes formes et d'autres positions; ses dimensions sont variables, et il peut être remplacé par un conduit, goulot, ou tunnel.

On considère souvent qu'il est recommandable de le placer au voisinage du haut-parleur, afin d'utiliser des effets de résonance mutuels, mais, en fait, la longueur d'onde sonore est très grande pour les sons graves, de sorte qu'une distance de l'ordre de

30 à 40 cm n'a aucune influence au point de vue acoustique.

On pense également souvent que la surface libre de l'évent doit être analogue à celle du diffuseur, et ainsi il serait recommandable d'améliorer l'accord en prolongeant intérieurement l'évent par un tunnel; de nombreuses dispositions d'enceintes sont basées sur ce principe, mais en fait, lorsqu'on compare les résultats obtenus souvent avec une enceinte comportant un évent simple de dimensions bien calculées et un tunnel d'accord, on constate une différence uniquement sur les sons très graves, et parfois de très peu d'importance.

En tout cas, c'est la surface de l'évent qui semble importante et non sa forme; l'ouverture peut être rectangulaire, carrée, circulaire, irrégulière, multiple, sans modifier notablement les résultats.

Il n'est pas recommandable, cependant, de réduire la largeur au-dessous de 2,5 cm, car l'évent devient alors simplement une fente produisant une résistance acoustique gênante. Il est encore préférable, dans certains modèles, de subdiviser cette surface en plusieurs ouvertures plus réduites, de façon à obtenir la surface totale nécessaire.

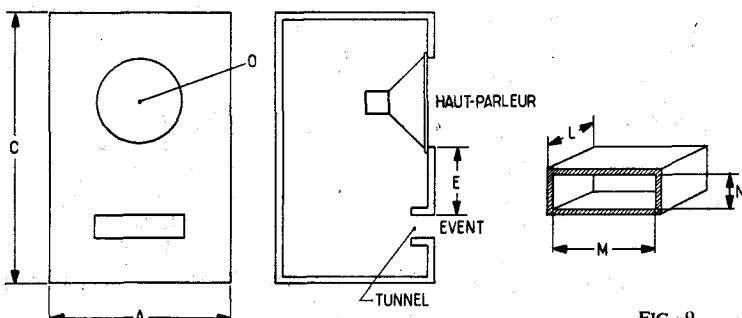


FIG. 9.

Par contre, les dimensions de cet évent sont bien caractéristiques. On peut obtenir l'accord d'une enceinte de volume donné sur une bande de fréquences assez large en modifiant simplement sa surface; en la réduisant, la fréquence de résonance s'abaisse, comme nous l'avons déjà montré; le même résultat est assuré en augmentant l'épaisseur, c'est-à-dire, en quelque sorte la longueur des parois, ou en le prolongeant intérieurement par un conduit ou tunnel (Fig. 9). Le rôle principal de l'évent consiste toujours à assurer des sons graves de bonne qualité.

L'AMORTISSEMENT DE L'ENCEINTE BASS-REFLEX

Le principe du système bass-reflex ne supprime pas la nécessité d'effectuer un amortissement de l'enceinte acoustique au moyen d'un revêtement absorbant, pour améliorer encore la courbe de réponse en fréquence. Il en est ainsi particulièrement pour les enceintes parallélépipédiques les plus employées, et dans lesquelles il peut se produire des ondes stationnaires. Ce traitement est toujours beaucoup plus nécessaire et plus critique pour des enceintes de faible volume; il y a beaucoup moins d'intérêt à placer une couche de matériau absorbant dans une enceinte de grandes dimensions, parce que les effets ne sont plus efficaces. Un revêtement absorbant de 3 cm d'épaisseur appliqué sur deux parois parallèles écartées de 40 cm donne des résultats utiles; lorsque la distance des parois est de l'ordre de 1 m, il faut une couche de 10 cm pour obtenir les mêmes effets.

FIG. 10.

L'amortissement peut être effectué dans l'enceinte sous différentes formes; un revêtement intérieur classique, des plaques ou des paquets de matériaux absorbants recouvrant au moins $1/3$ du volume, mais non davantage, une cloison poreuse, ou encore deux rideaux épais écartés d'environ 25 mm (Fig. 10).

La cavité résonnante peut aussi, de son côté, être amortie au moyen de charges résistives, des freins ou de systèmes de distribution et de fragmentation. On a préconisé également l'emploi d'évents de formes tunnels interchangeables; certains utilisent un tissu poreux plus ou moins épais appliqué à l'arrière du haut-parleur, et assurant une étanchéité suffisante entre le tissu et le panneau; ce procédé doit être étudié avec soin, car il peut en résulter une reproduction moins satisfaisante pour les fréquences basses.

En fait, le revêtement classique est surtout efficace pour l'amortissement sur des sons de fréquence élevée; l'utilisation d'une cloison intermédiaire en feutre ou d'un filtre interne a surtout une action sur les sons graves; l'emploi de matière absorbante en coussin ou en petits blocs a une action étendue sur toutes les fréquences, et il en est de même pour les rideaux épais écartés de 20 à 25 mm, comme on le voit sur la figure 10-d.

LES DEFAUTS A EVITER

Le principal défaut possible de l'enceinte **bass-reflex** consiste dans un **renforcement excessif** des sons graves, ce qu'on appelle **un son de tonneau**, et la production d'un effet parasite par doublement de fréquence; le premier défaut peut être évité en utilisant une enceinte de volume suffisant et un haut-parleur de coefficient de qualité convenable, avec un accord rationnel. Le deuxième phénomène dépend de la qualité du haut-parleur et de la fréquence d'accord choisie; il est plus difficile d'éviter des effets de traînage et d'assurer un amortissement suffisant des effets parasites.

Le principal avantage consiste dans la reproduction des sons graves avec des haut-parleurs bien amortis et la grande simplicité de la construction. Mais il ne faudrait surtout pas croire que la réalisation d'une enceinte acoustique de ce genre puisse être effectuée au hasard, d'une manière empirique, et sans un minimum d'étude; l'amateur de haute fidélité peut, d'ailleurs, trouver dans la gamme des types proposés et des variantes, dont le nombre augmente constamment, les modèles présentant les caractéristiques qui conviennent le mieux aux conditions désirées.

R. S.