

UNE SOLUTION NOUVELLE AUX SYSTEMES A PLUSIEURS VOIES

Les avantages inhérents à la mise en œuvre de reproducteurs sonores à plusieurs haut-parleurs spécialisés sont bien connus.

Cependant, au rang des inconvénients de ce procédé figure la nécessité d'un filtre séparateur, avec les conséquences plus ou moins néfastes qu'il entraîne. Conscients de ce problème, certains constructeurs ont pris en considération les déphasages habituellement négligés, introduits par les filtres aux fréquences de transition. Ce qui a amené notamment M. Vaissaire à mettre au point un reproducteur sonore en deux coffrets de structure et d'emploi tout à fait nouveaux que nous présentons ci-après.

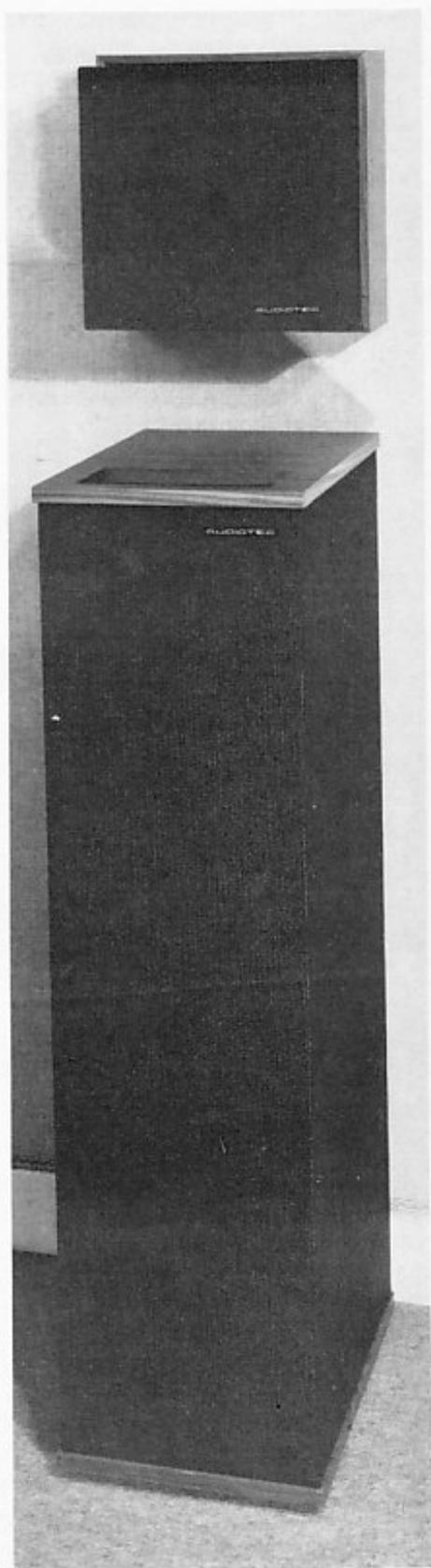
• Décalages en tous genres

Ce n'est certes pas d'aujourd'hui que, dans diverses réalisations de reproducteurs sonores à plusieurs voies, un décalage spatial entre les plans d'émission des haut-parleurs a été effectué. On sait que la disposition en « marches d'escalier », où le haut-parleur de mé-

dium est disposé en arrière du haut-parleur de graves, et le haut-parleur d'aiguës en arrière du médium, s'appuie sur le fait que la bonne reproduction des transitoires exige le respect des phases relatives des signaux émis par les trois reproducteurs ; cette nécessité, compte tenu des inerties respectives des haut-parleurs spécialisés, conduit à « donner de l'avance » aux plus lents par rapport aux plus rapides, afin que les trois composantes du message transitoire arrivent en phase aux oreilles de l'auditeur.

Pour des trios de haut-parleurs connus, on arrive ainsi à des décalages entre les plans respectifs des bobines mobiles de l'ordre de quelques centimètres. C'est dire l'étonnement qui saisit les spécialistes lorsque la Société Audiotec, lors de la première présentation publique à l'AFders de son nouveau reproducteur sonore à trois voies, type A 80, conçu selon une structure en deux coffrets séparés, préconisa que l'un, celui des haut-parleurs de médium et d'aigu, soit décalé en arrière de près de 50 cm !

C'est que le but d'une telle disposition était totalement différent de celui déjà connu et décrit et, si l'on peut dire, d'un caractère plus essentiel. Et M. Vaissaire, lors d'une conférence prononcée à l'AFders, en a donné de façon détaillée,



les raisons en s'appuyant sur les résultats d'une étude expérimentale dont on trouvera dessous l'illustration, sous forme d'oscillogrammes très significatifs.

• Le filtre séparateur, voilà l'ennemi...

Un ennemi, hélas, dont il faut s'accommoder pour bénéficier aisément des vertus des dispositifs multivoies.

Dès 1948, le spécialiste britannique Crowhurst s'en était ému, et avait conduit Briggs à examiner systématiquement les rotations de phase introduites par les filtres séparateurs direc-

tement raccordés aux bornes des haut-parleurs. M. Vaissaire a voulu approfondir l'analyse du problème, et a constaté qu'il révélait un phénomène bien plus important, dans ses effets, que celui de la mise en phase des composants d'un transitoire : celui du doublement, décalé dans le temps, de certains signaux !

En d'autres termes, dans la zone de fréquences de transition, où deux reproducteurs, respectivement spécialisés dans les basses fréquences et le médium, fonctionnent simultanément, un son quelconque voit son fondamental émis deux fois. Une première fois par le haut-parleur de médium, et une seconde fois, plus tardive, par le haut-parleur de

basses ! Il y a doublement, dû dans son principe au fait que le filtre séparateur (1) introduit une mise en opposition de phase entre les signaux respectivement appliqués aux deux reproducteurs spécialisés.

Et l'influence auditive de ce doublement est beaucoup plus grave que celle des décalages dans les phases relatives des harmoniques d'un signal complexe quelconque, les études psychophysiques de l'audition ayant montré dans ce dernier cas, dès *Helmholtz*, que, en

(1) Filtre le plus répandu, dit « à 12 dB par octave ».

Fig. 1. — Cette figure représente le cas habituel de deux haut-parleurs médium (m) et grave (g) disposés dans le même plan, avec un filtre séparateur déphasant à 180°. Le médium démarre en (1), en opposition de phase avec le grave, et d'ailleurs avec une amplitude supérieure. A l'alternance suivante, (m) et (g) ont des amplitudes comparables en (2) et (3), mais en complète opposition de phase. La somme acoustique fournit alors en (s) un champ sonore d'amplitude nulle en (0), avec un établissement progressif médiocre du rayonnement d'ensemble. Pour un auditeur, il y aura, en fait, doublement décalé, en (1) et (2), du signal original.

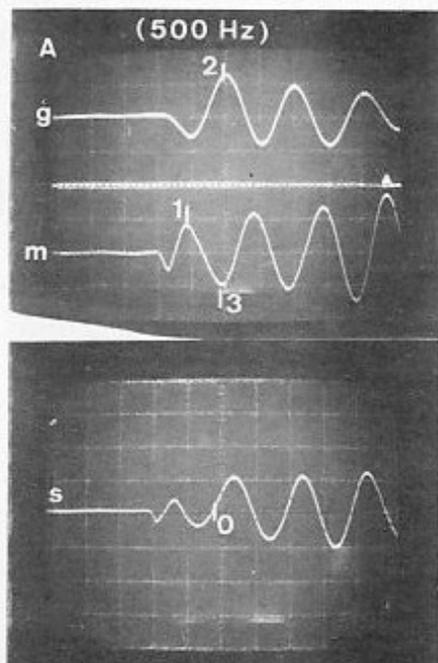


Fig. 2. — Cette figure représente le cas de deux haut-parleurs médium (m) et grave (g), disposés dans le même plan, mais avec l'un des deux connecté au filtre en inversant les polarités. Il y a bien mise en phase en régime permanent, mais le régime d'établissement commence par deux émissions en opposition de phase. D'où en (S), un régime mal défini, avec, de plus, une modulation d'amplitude parasite à très basse fréquence.

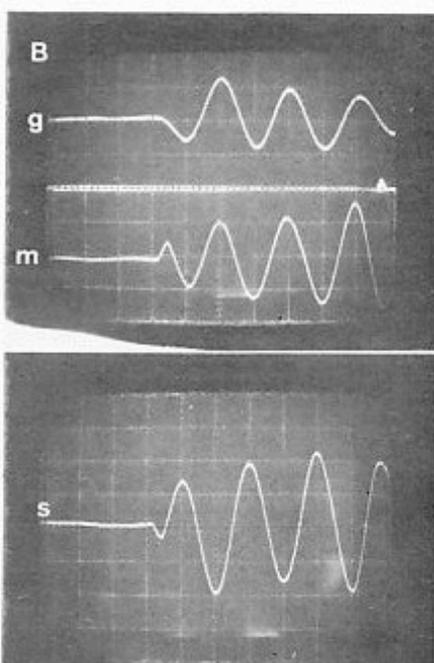
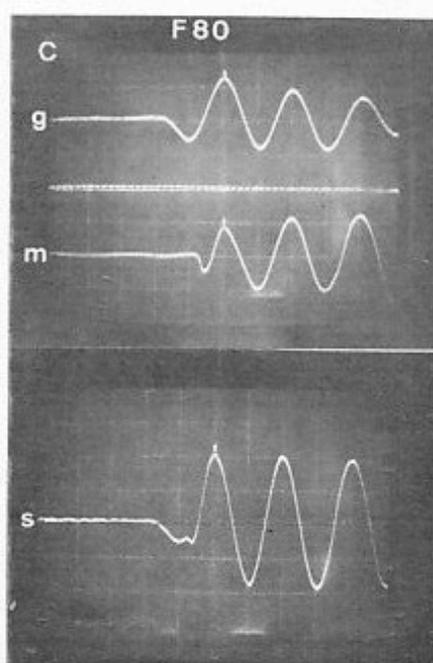


Fig. 3. — Dans le cas du reproducteur sonore F 80 d'Audiotec, il y a décalage spatial des deux haut-parleurs, le médium (m) étant décalé en arrière de 47 cm par rapport au haut-parleur de graves (g). Il est alors visible que, après une seule demi-période d'établissement du régime, les deux premières arches de (g) et (m), référées par un petit trait, sont rigoureusement en phase ; de plus, le champ sonore somme (S) obtenu est parfaitement défini dès la première arche, et son amplitude résultante est immédiatement constante.



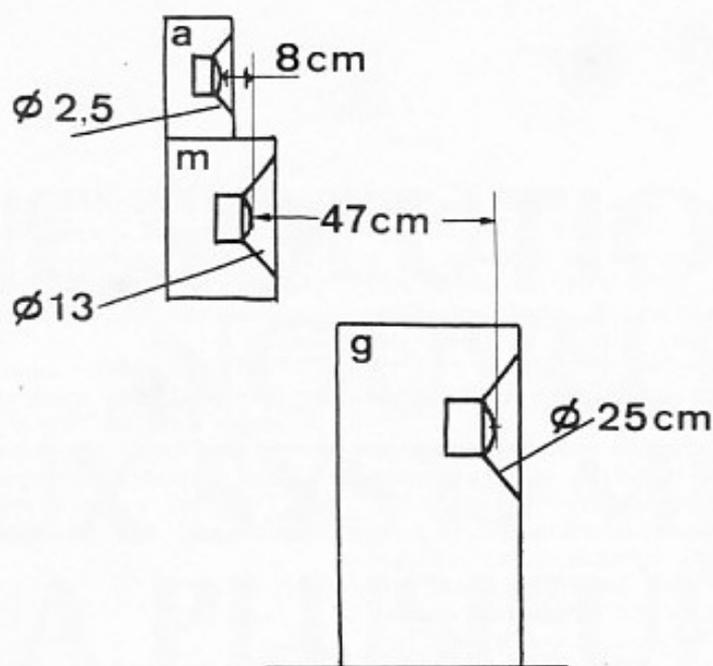


Fig. 4. - Sur cette coupe en élévation du reproducteur F 80, il est évident que, compte tenu de l'importance du décalage spatial entre l'enceinte des graves (g) et de l'enceinte du médium (m), la réalisation en deux coffrets s'imposait.

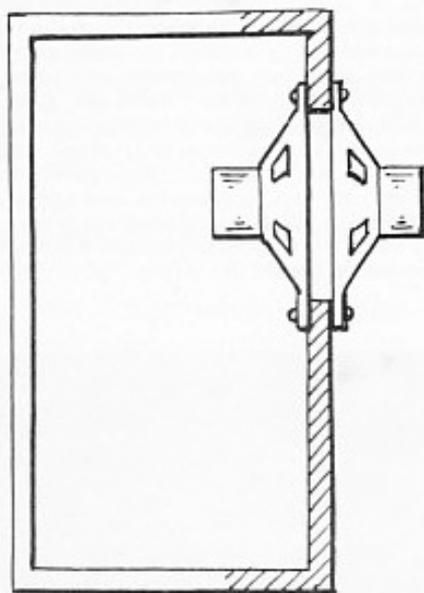


Fig. 5. - Les deux haut-parleurs du caisson spécialisé dans le grave, couplés par l'air emprisonné entre les membranes, qui se déplacent à tout moment dans les mêmes sens alternés en réduisant spectaculairement la distorsion par harmonique 2.

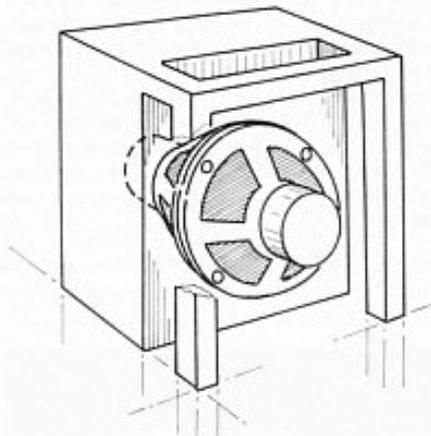


Fig. 6. - Détail de la disposition des deux reproducteurs de graves dans l'enceinte F 80.

dehors de certains signaux à établissement brusque du type « échelon unité », l'oreille n'est pas sensible aux phases relatives des signaux acoustiques.

• Le remède : un déphasage inversé

Et le remède peut être de mise en œuvre et... de prix très différents. La première méthode - de luxe - consiste à créer deux voies d'amplification séparées, et d'introduire le retard dans la voie convenable par une ligne à retard électronique. Le résultat est, certes, obtenu mais au prix d'une grande complication, d'un coût élevé, et aussi d'une augmentation du bruit de fond et du taux de distorsion.

Une deuxième méthode consiste tout simplement à... inverser les fils de connexion aux bornes d'un des haut-parleurs ! Le déphasage est alors effectivement annulé à la fréquence de transition, mais seulement sur un régime sinusoïdal établi. Sur un départ de signal d'un signe donné, l'inversion du médium fait que ce haut-parleur commencera sur une alternance de signe opposé, et il faudra plusieurs périodes pour que les signaux émis par les deux haut-parleurs se mettent en phase et y restent.

Il en résulte que la combinaison des champs sonores obtenue, comme il est visible sur la figure 2, conduit à un régime de démarrage mal défini, avec une arche de départ d'amplitude faible, et, de plus, une sorte de modulation d'amplitude globale à très basse fréquence en régime établi dont l'origine reste à expliquer.

Une troisième solution - celle adoptée par *Audiotec* - consiste à connecter de façon orthodoxe les deux reproducteurs aux bornes du filtre séparateur, et à effectuer un décalage *spatial* entre ceux-ci, correspondant à la distance parcourue dans l'air par le son pendant une demi-période de la fréquence de transition.

A cette fréquence, le son émis par les deux haut-parleurs est instantanément en phase - moins d'une demi-période pour l'établissement du régime ! - mais surtout, lorsque le phénomène de compensation acoustique devient moins total, à un octave par exemple au-dessus de la fréquence de transition, le haut-parleur de basses ne rayonne pratiquement plus, ce qui écarte tout risque de doublement résiduel.

En pratique, pour une fréquence typique de transition de 500 Hz, le décalage entre bobines mobiles est énorme, puisque la distance *D* parcourue à 340 mètres par seconde par le son à cette fréquence pendant une demi-période est de :

$$D = \frac{\lambda}{2} = 1/2 \frac{V}{f} = 34 \text{ cm}$$

On voit qu'il s'agit d'un décalage d'un ordre de grandeur tout différent de celui

proposé jusqu'ici pour les transitoires ! Celui-ci, d'ailleurs, reste indispensable et, pour les haut-parleurs adoptés pour l'enceinte « F 80 », est de l'ordre de 13 cm ; au total, un décalage d'environ 47 cm est nécessaire.

La division en deux enceintes totalement séparées s'imposait pratiquement, avec d'une part les haut-parleurs de médium et d'aigu en coffret clos, et l'enceinte de graves d'autre part.

• Les résultats auditifs

Il peut paraître surprenant que, depuis les travaux de Briggs, plusieurs réalisations à coffrets séparés n'aient pas été proposées pour remédier au doublement néfaste analysé plus haut : et cela d'autant plus que, comme il a pu être constaté au cours d'essais méthodiques poursuivis par des groupes de l'Afders en salles de séjour privées de diverses dimensions, l'influence du décalage se manifeste de façon tout à fait notable ! Pour s'en rendre compte de la manière la plus évidente, il convient de faire, de préférence, l'expérience avec des documents sonores aussi bons que possible, dotés d'une certaine réverbération, et enregistrés en stéréophonie, avec une méthode qui respecte bien les phases relatives des signaux telle que le procédé de la « tête artificielle ».

Lorsque, partant de la position décalée du coffret médium-aigu, on rapproche progressivement celui-ci du coffre des basses, on assiste à une perte d'amplitude apparente de la source sonore, accompagnée d'une atténuation graduelle de la réverbération, qui apparaît comme brouillée ; faute d'un meilleur terme, on dira que la reproduction perd sa transparence globale.

C'est que le phénomène de doublement, bien que trop long pour passer inaperçu, est trop court — de l'ordre de la milliseconde — pour constituer un écho ; d'où le brouillard sonore qui nimbe habituellement les éléments sonores.

Il est intéressant de remarquer, par ailleurs, que le retour à la position décalée après de tels essais est, pour une assemblée d'observateurs, parfaitement défini et sensible. Et, comme on devait s'y attendre, il dépend quelque peu du local d'écoute lui-même, qui introduit des retours d'énergie de phases variables qui viennent se composer avec l'énergie directe rayonnée. En fait, pour un local donné, on retrouve toujours la même position relative du coffret mobile.

• Un original générateur de basses

Mais M. Vaissaire a aussi procédé à un ré-examen fondamental, celui des principes sur lesquels on peut s'appuyer

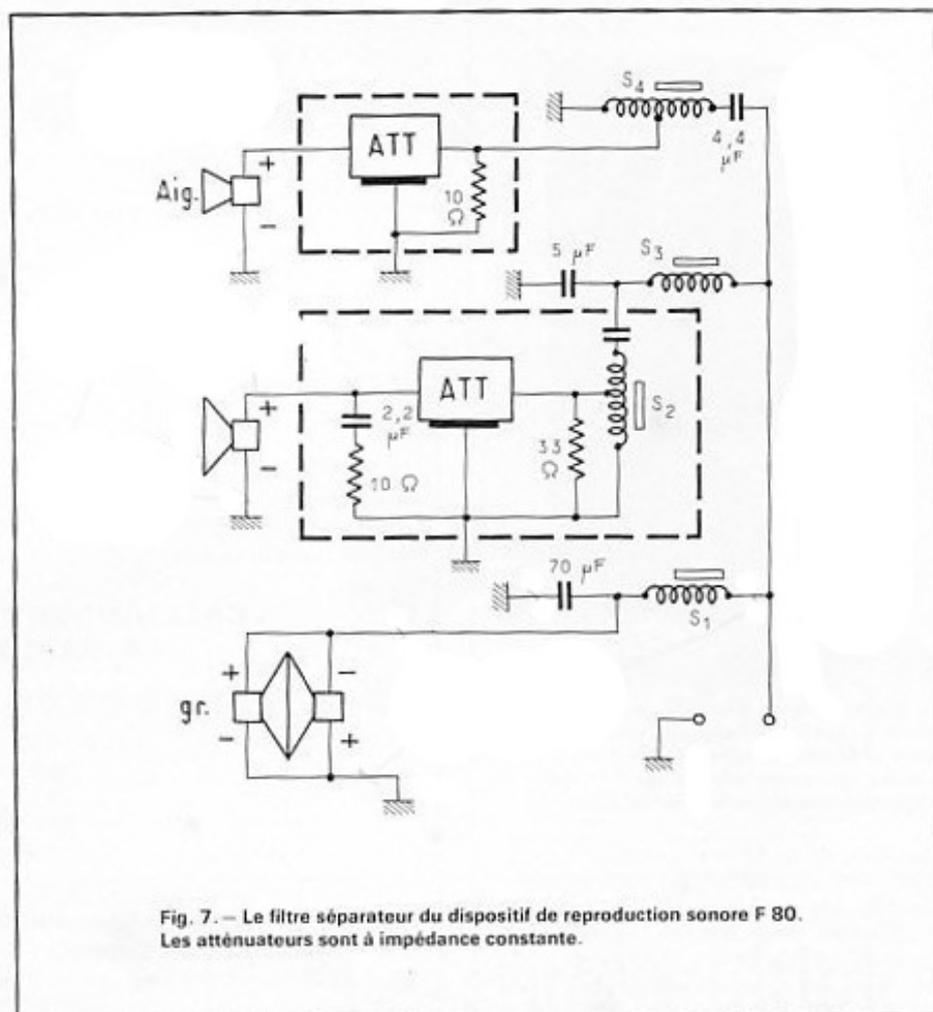


Fig. 7. — Le filtre séparateur du dispositif de reproduction sonore F 80. Les atténuateurs sont à impédance constante.

pour créer, à l'extrémité basse de la bande de fréquence, un nouveau reproducteur sonore de puissance à faible taux de distorsion. Ce sont ces principes qui ont d'ailleurs été mis en œuvre dans le reproducteur à trois voies F 80 d'Audiotec.

La structure en apparaît très simple : dans une enceinte close de dimensions convenables, deux haut-parleurs de basses sont mis en place dans l'ouverture habituellement dévolue à un seul, avec leurs concavités en vis-à-vis ! De l'air est ainsi emprisonné entre les deux cônes, qui déterminent une chambre close. Il est essentiel de noter que les deux haut-parleurs sont alimentés en phase, et non, par exemple, à la façon d'une sphère pulsante.

Dans ces conditions, un avantage de base apparaît aussitôt : celui de la parfaite symétrisation des déplacements de l'ensemble des deux membranes, puisque, à chaque demi-période (si les haut-parleurs sont mécaniquement semblables), les elongations, et donc la forme de l'énergie rayonnée, sont égales et de même loi de variation ; il y a compensation des défauts individuels, et les harmoniques pairs sont pratiquement annulés !

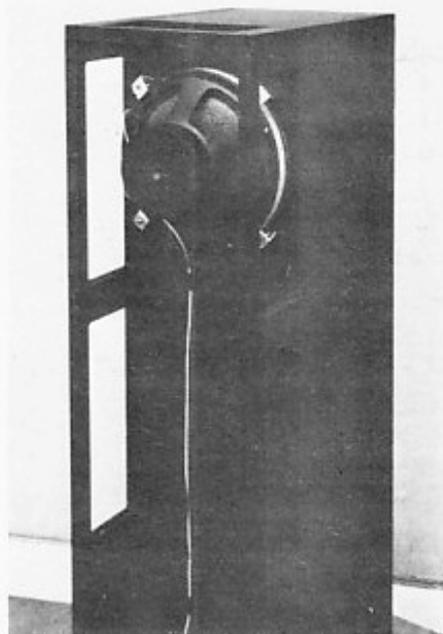
C'est moins l'avantage d'une augmentation de l'amplitude qui est recherché que la réduction de la distorsion.

Un autre avantage, non moins important, apparaît également en ce qui concerne les conditions de rayonnement vers les basses fréquences : la fréquence de résonance du tandem est plus basse que celle d'un seul haut-parleur. En effet, la fréquence de résonance d'un haut-parleur dépend de la surface rayonnante de la membrane, de la masse de l'équipage mobile, de la rigidité de la suspension et de la masse de l'air emprisonné dans l'enceinte.

Et, dans le cas de deux membranes alimentées en double, mais dont une seule rayonne, et qui rencontrent la même raideur de l'air de l'enceinte qu'une seule, on peut montrer que la fréquence de résonance de l'ensemble diminue, et cela pour une puissance double rayonnée.

• La réalisation pratique

Les deux coffrets spécialisés sont clos et emplis de matériau absorbant : les diamètres des haut-parleurs sont res-



Le caisson des graves de l'enceinte F 80 présente, de façon inhabituelle, un haut-parleur de graves par sa culasse... Le second haut-parleur est entièrement enfermé dans l'enceinte.

pectivement de 25 cm, 13 cm et 2,5 cm, avec des fréquences de raccordement de 500 Hz et 3 500 Hz environ. Les membranes sont traitées, mais légèrement différemment des traitements subis par celles des enceintes « E 75 ».

Un effort tout particulier a été fait sur les filtres séparateurs. M. Vaissaire indique que, dans bien des réalisations, même renommées, du marché, les condensateurs coûteux pour tensions alternatives non polarisées, à diélectrique au papier ou au mylar par exemple, sont remplacés par de simples condensateurs électro-chimiques qu'il faudrait polariser ; quant aux bobines d'auto-inductance, dont le caractère d'être « à air » est souvent présenté comme un avantage, elles ne constituent plus qu'un argument publicitaire si elles ne sont pas faites d'un *très gros* fil pour réduire leur résistance propre. Des auto-inductances à noyau de fer largement dimensionnées — donc coûteuses — seraient sans cela préférables.

Conclusion

Ainsi, dans un domaine de la reproduction sonore où l'on admet fréquemment que « tout a été dit », certains techniciens lucides, dont la compétence peut allier la théorie et la pratique, savent faire apparaître sur le marché des réalisations originales et rationnelles.

Grâces en soient rendues à la Société *Audiotec* et à son animateur, M. Vaissaire, dont les derniers travaux apportent un nouveau fleuron à l'électro-acoustique française.

Maurice FAVRE ■