

Après la fidélité, la préoccupation des constructeurs de chaînes électro-sonores et de ceux qui s'intéressent à leur fabrication est, sans conteste, l'encombrement. Si l'ingéniosité des uns et la bonne volonté des autres permettent de traiter assez facilement le cas de l'amplificateur, du radio-récepteur et du tourne-disques — encore que ce dernier ne soit pas toujours facile à loger — il n'en est pas de même pour ce qui concerne les enceintes acoustiques : le constructeur se résout difficilement à descendre au-dessous d'un certain volume et l'usager accepte mal la présence de ces « parallélépipèdes » — si discrets soient-ils — du moins en dehors des heures d'audition.

La diminution de volume d'une enceinte acoustique, toutes choses égales par ailleurs, entraîne une augmentation de la fréquence de résonance du haut-parleur. Cela ne va pas évidemment dans le sens de l'amélioration des basses. Heureusement le nombre de « décimètres cubes » n'est pas le seul paramètre en la circonstance : la fréquence de résonance globale dépend de celle du haut-parleur qui l'équipe ; de sorte qu'en diminuant cette dernière on s'oriente vers la solution.

Or, il semble bien que le polystyrène expansé, utilisé depuis quelques temps déjà pour fabriquer les diaphragmes de certains haut-parleurs de basses, ouvre une intéressante perspective dans cette voie.

Polystyrène contre papier

Le polystyrène expansé, étant donné sa très faible densité, permet en effet, à poids égal, de réaliser des diaphragmes jusqu'à vingt-cinq fois plus épais que ne le permet le

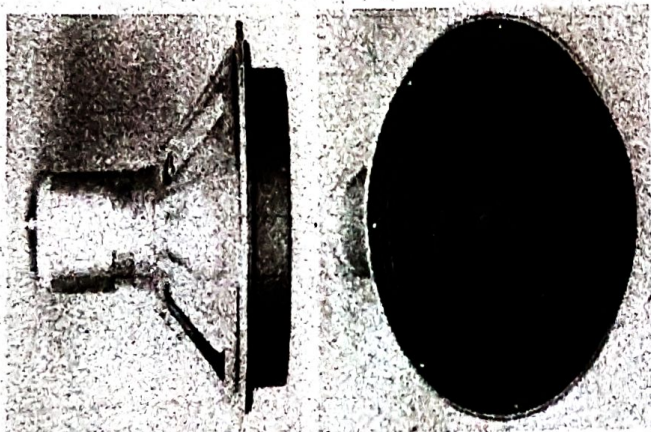


Fig. 1 a et b

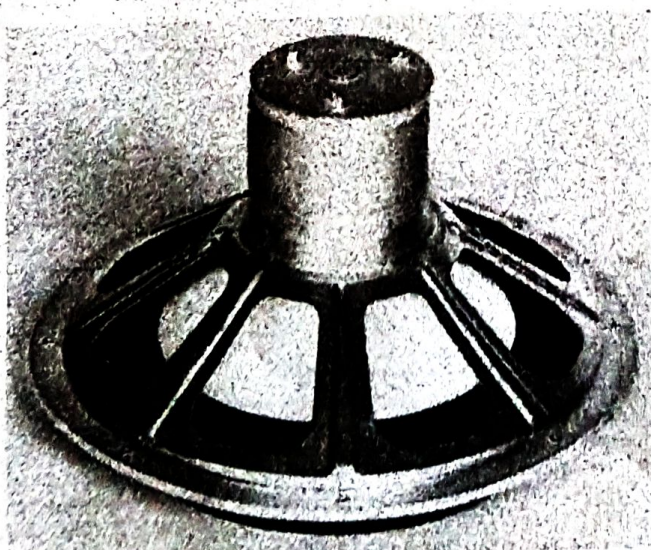


Fig. 2.

Restitution sonore

Du côté des basses ...

par Paul DURU

papier. Il n'en faut pas tant pour atteindre une rigidité telle que le problème de la suspension périphérique puisse être complètement repensé.

C'est un de ses haut-parleurs que nous nous proposons d'étudier : le modèle « AD 5201 » de Philips (fig. 1a et 1b), qui restitue le registre grave dans plusieurs modèles d'enceintes acoustiques, proposées par ce constructeur.

Le diaphragme

Il n'est pas exagéré de parler d'une épaisseur vingt-cinq fois plus grande : c'est en effet le rapport des densités du papier à cône « empesé » de laque protectrice, et du polystyrène expansé : 0,5 contre 0,02.

Le diaphragme utilisé ici est épais d'environ un centimètre ; l'ensemble mobile tout entier, y compris la bobine, ne dépasse pas douze grammes. Ce diaphragme n'est pas fait d'une seule pièce : aussi extraordinaire que cela puisse paraître, le « panneau plein » a des résonances propres.

Pour pallier ce défaut, le diaphragme est fractionné en deux feuilles de polystyrène, lisses et rigides séparées par une épaisseur de mousse plus élastique procurant l'amortissement désiré. La résonance de deux lames de ressort disparaît quand on les assujettit l'un à l'autre au moyen d'une colle élastique ? Le phénomène est le même ici. Un des premiers avantages de cette grande épaisseur de diaphragme réside dans la possibilité de rendre celle-ci parfaitement solidaire du dispositif qui l'anime : on ne se contente pas de coller le cône sur le mandrin de bobine mobile : celui-ci le traverse dans ses trois épaisseurs.

La suspension

Avec un diaphragme en papier, il n'est pas possible de réaliser une suspension périphérique autrement qu'en bordure du cône, dont elle n'est souvent que le prolongement.

Ici, le cône est suspendu au moyen d'une large couronne en plastique souple, collée d'une part en arrière, à trois centimètres en retrait du bord, et d'autre part à la corbeille (fig. 2). Il en résulte une très grande mobilité du cône dont la course à l'intérieur du champ magnétique uniforme dont nous parlerons plus loin est de quatorze millimètres, valeur qu'on ne saurait obtenir, du moins à diamètre égal, avec un diaphragme ordinaire : le diamètre utile de ce haut-parleur est vingt-quatre centimètres seulement.

Mais ce n'est pas en cela que réside la grande originalité de cette suspension. A la partie supérieure de la corbeille est sertie une couronne de forme particulière, qui présente un rebord vertical, sorte de « mur d'enceinte » circulaire, le long duquel se déplace le diaphragme avec une marge de sécurité minimale, compte tenu des risques de frottement.

On ménage ainsi entre le diaphragme la suspension et la corbeille, une chambre à air ne communiquant avec l'extérieur que par l'étroit couloir limité par le rebord du cône

et le « mur d'enceinte » (fig. 3). Le volume de cette chambre reste constant dans la mesure où les déplacements de la suspension sont linéaires. Toute tendance à un déplacement non linéaire (donc distorsion) détermine un « courant d'air » dans le couloir, non sans dissipation d'énergie, étant donné la très faible largeur. Il se produit ainsi un amortissement qui limite considérablement les distorsions dues à la suspension (fig. 4). L'appellation « pompo acoustique », à propos de ce haut-parleur, est liée à ce dispositif.

La distorsion, limitée aussi bien en ce qui concerne le cône (vue sa rigidité) que sa suspension (vu ce dispositif) permet de diminuer le nombre et l'importance des panneaux d'amortissement, en comparaison des enceintes closes, équipées de haut-parleurs classiques.

Ici, ces panneaux se réduisent à une simple cloison en Kramforac pour éviter les ondes stationnaires. Les dimensions extérieures de l'enceinte acoustique s'en trouvent par conséquent réduites d'autant.

La bobine mobile

Si l'on veut que la force appliquée à la bobine mobile soit proportionnelle à l'intensité du courant qui la traverse, il faut que le champ magnétique soit constant sur toute l'étendue de sa course. Cela découle directement de la loi de Laplace qui régit le fonctionnement des haut-parleurs électrodynamiques. On peut obtenir ce résultat de deux manières, ayant, l'une et l'autre, avantages et inconvénients.

— Ou bien la hauteur de l'enroulement dépasse de beaucoup l'épaisseur de l'entrefer, mais alors la résistance et la masse de la bobine mobile sont élevées (diminution de rendement).

— Ou bien la hauteur de la bobine mobile est nettement inférieure à celle de l'entrefer, mais il faut alors un champ magnétique intense pour obtenir, en dépit d'un nombre de spires faible, l'induction magnétique requise pour disposer de la puissance désirée.

Cette deuxième alternative est retenue dans ce haut-parleur : l'épaisseur de l'entrefer est deux fois et demi la hauteur de la bobine mobile, en autorisant, ainsi que nous l'avons dit, une course de 14 mm à l'intérieur de la partie homogène du champ. Cela équivaut à environ 3 W d'énergie acoustique à 45 Hz, lorsque ce haut-parleur est monté dans une enceinte acoustique de 60 dm³. C'est beaucoup plus qu'il n'en faut pour une salle de dimensions très importantes, puisqu'on table sur 4 mW au mètre cube, environ. Encore faut-il que toute l'énergie acoustique soit concentrée dans le grave ; ce qui n'est pas toujours le cas.

Les avantages qui découlent, les uns des autres, permettent finalement d'obtenir une fréquence de résonance de 22 Hz, portée à 45 Hz environ dans l'enceinte acoustique (40 dm³ de volume utile pour ce haut-parleur). De prime abord 45 Hz peuvent sembler trop élevés. Compte tenu cependant des dimensions d'une salle d'écoute une telle fréquence de résonance est parfaitement normale : la fréquence de 16 Hz, limite inférieure des sons audibles, est une valeur tout à fait théorique en la circonstance, et ce, pour deux raisons :

La première tient au fait que la longueur d'onde correspondant à 16 Hz est de l'ordre de 20 m et qu'il est par conséquent très optimiste de vouloir augurer d'une bonne reproduction dans une salle de séjour qui en fait beaucoup moins...

La seconde est liée à notre connaissance du comportement de l'oreille quant au rôle imparté à la fondamentale et aux harmoniques dans le mécanisme de l'audition.

La théorie longtemps répandue selon laquelle le timbre d'un instrument est donné par les harmoniques est contestée depuis longtemps. La tonalité serait perçue non pas par la fondamentale qui n'interviendrait avec les harmoniques de rang inférieur qu'au titre du timbre, mais bien par la cadence de répétition des harmoniques de rang élevé. De fait, la fondamentale et les premières harmoniques sont souvent pratiquement absentes dans l'audition de certains sons.

Les haut-parleurs restituant le médium et l'aigu :

Le haut-parleur à diaphragme de polystyrène est essentiellement un haut-parleur de grave : au-delà de 1 000 Hz à 1 500 Hz, son rendement tombe très rapidement (fig. 5), ce qui ne s'observe pas, à diamètre égal, avec le cône en

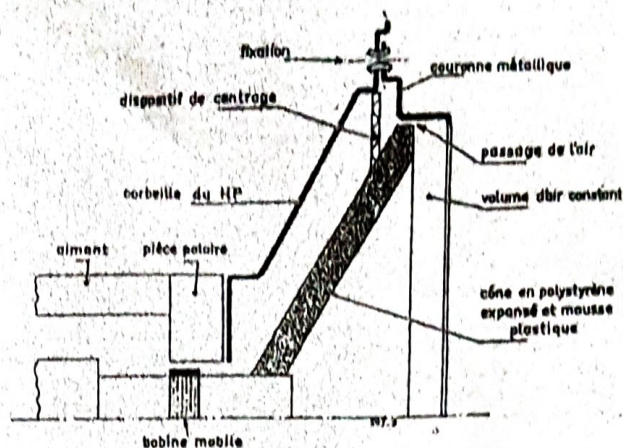


Fig. 3.

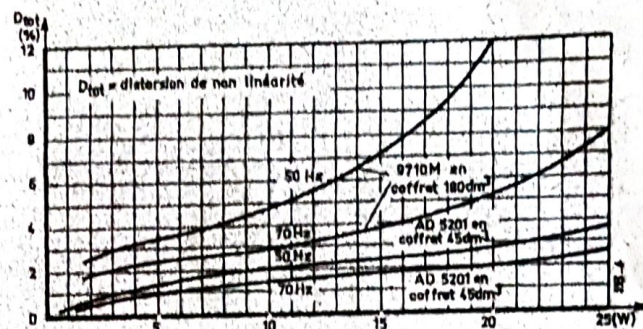


Fig. 4. — Essais comparatifs de distorsion du haut-parleur à diaphragme en polystyrène expansé AD 5201 et du haut-parleur HIPI 9710 M bicône de 21 cm à diaphragme de papier.



Fig. 5. — Courbe de réponse du haut-parleur AD 5201 complété d'un coffret clos de 45 dm³.

papier. Cela tient à la différence de rigidité entre les deux types de diaphragme : alors que le papier, relativement souple, cesse de se mouvoir globalement à partir de fréquences dont la longueur d'onde est de l'ordre de ses dimensions, le polystyrène, rigide, se déplace en bloc, comme un piston, quelle que soit la fréquence. Dans le premier cas, la masse en mouvement diminue avec la fréquence, de sorte que le rendement est encore élevé dans le médium et souvent accepta-

ble dans l'aigu. Dans le second cas, la masse entraînée par la bobine est invariable et le rendement diminue au fur et à mesure que s'élève la fréquence. Là, comme en bien d'autres domaines, on ne saurait gagner à la fois sur tous les terrains. Qu'à cela ne tienne ! Il s'agit d'un inconvénient auquel il est facile de porter remède : le haut-parleur à diaphragme épais est complété de haut-parleurs classiques adaptés aux fréquences moyennes et élevées du spectre audible.

Deux haut-parleurs elliptiques de 13 x 18 cm

Telle est, en effet, la solution retenue en la circonstance. Le haut-parleur AD 5021 est associé à deux haut-parleurs identiques disposés perpendiculairement l'un à l'autre, à la partie supérieure du coffret, dans un compartiment isolé.

C'est une façon assez inattendue de traiter le problème : pourquoi deux haut-parleurs semblables et elliptiques ?

Ne choisit-on pas ce modèle quand la place est mesurée et que l'on veut couvrir la plus grande partie possible du spectre ?

Pourquoi enfin, cette disposition ?

Le constructeur a cherché ici la solution qui permettait d'obtenir un diagramme de directivité variant peu d'une enceinte à une autre, et, pour une même enceinte, le plus indépendant possible de la manière dont elle est utilisée (verticalement ou horizontalement). Ces deux conditions ne peuvent être sûrement remplies avec des haut-parleurs circulaires dont le diagramme de directivité n'est pas toujours uniforme et symétrique aux fréquences élevées.

De telles irrégularités existent aussi avec un diaphragme elliptique, mais il existe déjà une différence de directivité plus importante par construction ; enfin, contrairement à ce qui se passe avec une forme circulaire, la personne préposée au montage n'a pas le choix entre une infinité de positions. L'utilisation de deux haut-parleurs elliptiques placés perpendiculairement l'un à l'autre couvre donc au mieux tous les aléas de la chaîne de fabrication.

Deux particularités caractérisent ces haut-parleurs : au centre du diaphragme est un second cône qui assure la restitution des fréquences élevées du spectre (7 000 à 19 000 Hz) ; le noyau, d'autre part, est muni d'un manchon de cuivre, où prennent naissance des courants induits, qui maintiennent l'impédance aussi constante que possible en fonction de la fréquence.

Le Filtre

La séparation des registres grave et aigu s'obtient par un filtre double, passe-haut et passe-bas (fig. 6) dont la fréquence de coupure est relativement élevée : 800 Hz (taux d'atténuation 12 dB/octave). Cette fréquence de coupure, simplifie le problème des dimensions du filtre.

Grâce à cet ensemble, la gamme des fréquences audibles est ainsi couverte entre 45 et 19 000 Hz (fig. 7), sans que

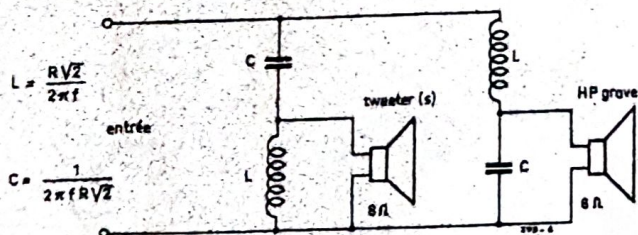


Fig. 6.

pour autant, l'encombrement des enceintes acoustiques soit incompatible sinon avec leur dissimulation, du moins avec leur « acceptation ».

Nous irons chercher notre conclusion chez un éminent industriel qui, pour n'avoir pas œuvré dans l'électronique

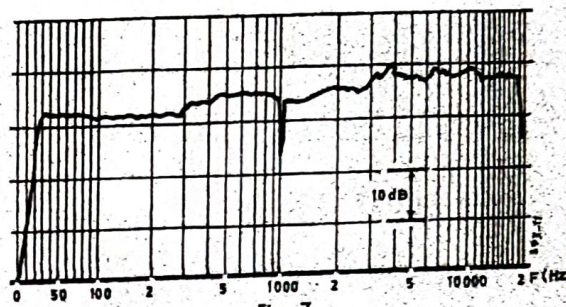


Fig. 7.

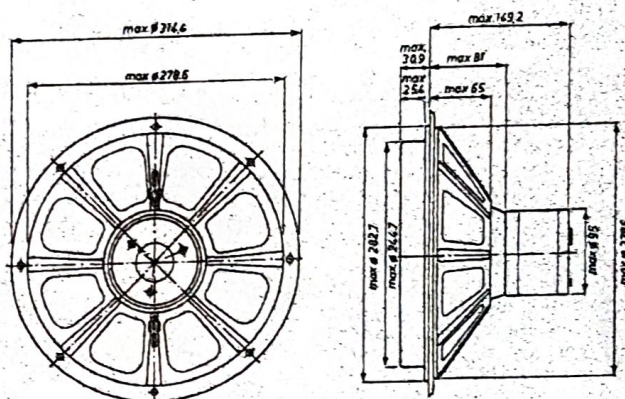


Fig. 8.

— il s'agit d'Edouard Michelin — n'en est pas moins l'auteur d'une pensée particulièrement applicable au domaine qui nous intéresse :

« La qualité de l'ensemble, disait-il, réside dans la perfection du détail... N'est-ce pas cet esprit que nous trouvons ici à propos de cette enceinte acoustique, notamment dans la solution adoptée pour restituer des fréquences moyennes et élevées.

Paul DURU

Caractéristiques

AD 5021 (grave - fig. 8)

Diamètre nominal : 24 cm
Puissance admissible : 20 W
Impédance : 8 Ω
Fréquence de résonance : 22 Hz
Gamme de fréquence : 30 à 1 000 Hz
Flux magnétique total : 124 000 M
Flux dans l'entrefer : 9 300 Oe
Poids : 3,5 kg

AE 370/10 (médium et aigu)

Puissance admissible : 6 W
Impédance : 4 Ω
Fréquence de résonance : 80 Hz
Gamme de fréquence : 80 à 20 000 Hz
Flux magnétique : 24 000 M

Enceinte acoustique GL 562*

- Equipement AD 5021, 1 unité ; AE 370/10, 2 unités
- Impédance d'adaptation : 8 Ω
- Fréquence de séparation du filtre : 800 Hz
- Puissance admissible : 30 W
- Poids total : 17,5 kg
- Dimensions : 660 x 360 x 290 mm
- Volume intérieur : 45 dm³
- Finition : teck verni
- Utilisable avec amplificateur : GH 919

* Référence AD 5055 en haute impédance (H.P. du même type et 800 Ω d'impédance nominale).