

HAUT-PARLEURS

ET ENCEINTES ACOUSTIQUES

III — LE CIRCUIT MAGNETIQUE

Sa conception exerce une influence décisive sur les caractéristiques fondamentales d'un haut-parleur, en particulier sur le rendement qui a été pendant longtemps le critère de performance prépondérant à l'époque des amplificateurs à tubes.

L'interprétation du résultat théorique donné par la formule 12) du paragraphe II.1 reste toujours difficile, du fait que certaines conditions restent contradictoires. La relation indiquée conduit en effet à rechercher :

- une résistance électrique R_e aussi faible que possible (ce qui correspond à une valeur de surtension faible en court-circuit),

- un équipement mobile (membrane + suspension) présentant une masse unitaire (M/S) réduite,

- un produit $B\ell$ aussi important que possible au-dessus de la fréquence de résonance (f_R), car la force contre-électromotrice proportionnelle à $B\ell$ diminue le rendement au voisinage de f_R , à moins d'user d'un artifice préconisé par M. Watkins, selon le schéma de la figure 13, où L et C sont des éléments réactifs extérieurs dont la résonance avec la bobine auxiliaire coïncide avec la résonance mécanique du haut-parleur.

Compte tenu des facilités offertes par l'amplification à transistors, l'obtention d'un rendement élevé compris entre quelques pourcents et 10 % aux fréquences moyennes, n'est plus considérée comme fondamentale. En revanche, le choix d'un terme $B\ell$

grand signifie un amortissement élevé favorable à une bonne réponse en régime transitoire, mais la nature de la charge acoustique influe beaucoup sur les résultats, tout au moins aux fréquences basses.

Un niveau d'induction élevé a été obtenu jusque vers les années 70 avec des aimants permanents en alliages spéciaux à base d'aluminium, de nickel, de titane, de cobalt et de fer (Alnico, Ticonal, Alcomax). Ils étaient classiquement montés dans le circuit magnétique comme l'indique la figure 14.

Les progrès récents accomplis dans le domaine des ferrites¹ ont permis à ceux-ci de supplanter définitivement les alliages métalliques, tout au moins pour les applications où un faible prix de revient est recherché, ou bien lorsque les contraintes thermiques ne sont pas trop élevées. Certains matériaux comme l'ALNICO dis-

sipent en effet mieux la chaleur que d'autres ; de ce fait, ils assurent à la bobine mobile un meilleur refroidissement, et concourent ainsi à élever la puissance électrique admissible pendant une longue période d'utilisation. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point lors de l'énumération des critères d'utilisation des haut-parleurs.

Les études récentes ont porté sur des alliages de terres rares et cobalt. En particulier, les composés au Samarium ($Sm CO_5$) possèdent des performances exceptionnelles :

- énergie spécifique $(BH)_{max}$ voisine de 120 kJ/m^3 pour un aimant annulaire de 700 g, soit quatre fois plus élevée que celle des alliages courants,
- champ coercitif très grand (H_c) voisin de $6 \cdot 10^4 \text{ A/m}$.

La forte énergie spécifique présente de l'intérêt pour toutes les applications où la miniaturisation est indispensable (écouteurs, haut-parleurs à

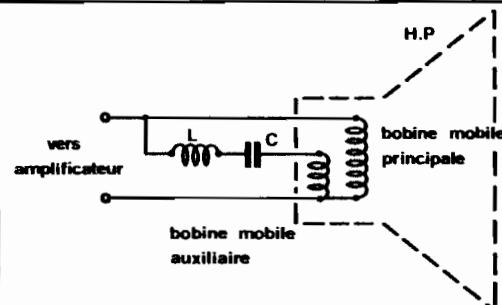


Fig. 13. — Principe de correction-shunt de l'effet nuisible, sur le rendement, de l'augmentation de l'impédance au voisinage de la résonance principale.

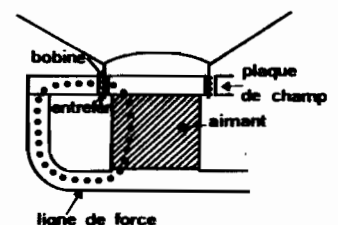


Fig. 14. — Circuit magnétique à aimant classique ALNICO ou TICONAL.

bobine plane, phonolecteurs à aimant mobile).

Ces aimants sont préparés par une méthode de frittage à partir de poudre compactée sous champ. Les principales difficultés initiales étaient d'ordre métallurgique. A l'heure actuelle, celles-ci sont surmontées et des productions industrielles d'aimants permanents de type $SmCO_5$ existent dans plusieurs pays : aux Etats-Unis (Raytheon, Varian, General Electric), au Japon (Hitachi, Sumitomo), en Europe (Brown Boveri, Philips). En France, les études commencées au CNRS-Grenoble ont été reprises par l'Industrie (Sermag, Went et Rathenau, RTC) avec les performances attendues et une bonne reproductibilité.

Pour maîtriser la stabilité magnétique et métallurgique et réduire les coûts, on s'est orienté de plus en plus vers des séries d'alliages quaternaires Sm (Co, Cu, Fe) qui présentent des inductions rémanentes supérieures à 1 Tesla jusqu'à ce que la rareté et le prix du cobalt mettent un frein à ces procédés.

Quel que soit le matériau utilisé, l'optimisation du circuit magnétique

tel que celui de la figure 15 est généralement conduite en vue d'obtenir un champ dans l'entrefer, assurant à la fois un rendement correct et un amortissement optimal de l'équipage mobile. Ce qui revient à prédéterminer la valeur du facteur B_l/R_e qui intervient dans les expressions du rendement et du coefficient d'amortissement ; puis à calculer le volume de l'entrefer, connaissant la hauteur de la plaque de champ et la largeur d'entrefer qui assure un jeu suffisant pour la bobine mobile.

En pratique, d'autres facteurs tels que fréquence de résonance et non-linéarité viennent compliquer le projet qui ne peut être mené à bien qu'à la suite de compromis toujours difficiles.

Pratiquement, les fabricants de haut-parleurs procèdent comme suit :

1° On recherche par raison d'économie et de légèreté le volume minimal V d'aimant assurant un champ magnétique H donné dans un volume d'entrefer v_e . On est amené à résoudre le système [6] :

$$\frac{B_a}{H_a} = -\mu_0 \frac{L S_a}{e S} \quad [8]$$

V = volume d'aimant
 B_a = induction dans l'aimant
 B_e = induction dans l'entrefer
 H_a = champ dans l'aimant
 h = champ dans l'entrefer

$$B_a H_a = -\mu_0 h^2 \frac{V_a}{V} \quad [9]$$

L = longueur d'aimant
 e = largeur d'entrefer
 μ_0 = perméabilité relative de l'aimant
 $h = -H_a \frac{L}{e} B = \mu_0 h$

Ce qui revient à choisir le produit $B_a H_a$ maximum (fig. 16).

On démontre que la valeur correspondante de V est donnée par la formule :

$$V = \frac{B^2}{\mu_0 B_a H_a} \cdot v_e \quad [10]$$

avec $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$

$$v_e = 1_e \times e \times \pi D_b$$

1_e = hauteur de l'entrefer

D_b = diamètre de la bobine

où B_a est généralement imposé à partir d'un critère de rendement (voir paragraphe II.1). Ainsi, par expérience, on sait qu'avec 1,2 Tesla d'induction dans l'entrefer d'un haut-parleur de 21 cm, on obtient couramment un niveau d'efficacité de 90 dB à 1 mètre

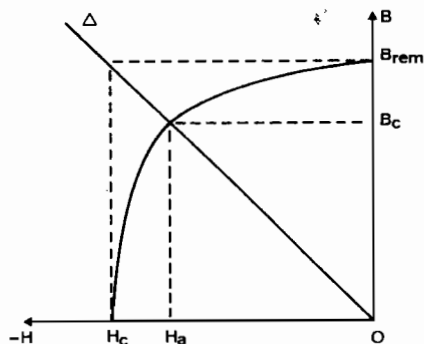


Fig. 16. - Détermination du produit $|B_a H_a|$ maximum. (Pour ALNICO type V : $B_r = 1,25$ T ; $B_a = 0,95$ - valeur typique.)

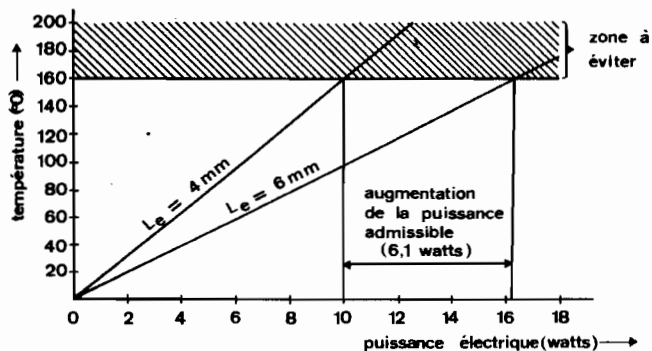


Fig. 17. - Influence de l'épaisseur de la plaque de champ L_e sur la température de fonctionnement de la bobine mobile d'un haut-parleur de 17 cm. (Doc. Rank-Leak-Wharfedale.)

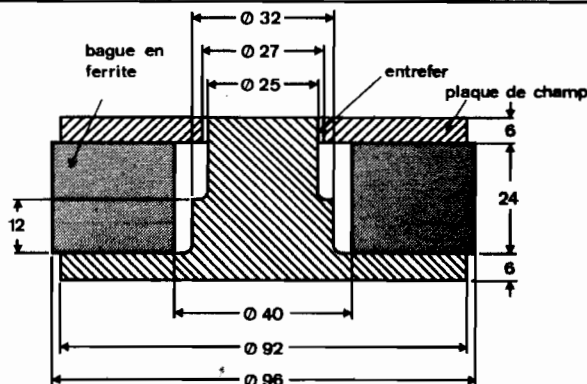


Fig. 15. - Vue en coupe d'un circuit à aimant ferrite permettant d'obtenir une induction de 1,3 tesla dans l'entrefer. (Doc. RTC : cotes en mm.)

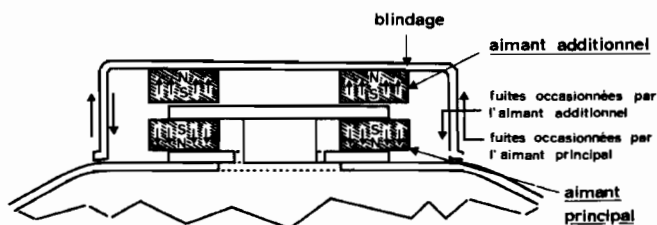


Fig. 18. - Principe de système magnétique antirayonnant. (Réalisation Audax.)

pour 1 W électrique. Le volume et la masse de l'aimant, dont la géométrie est celle de la figure 15, valent alors respectivement 10^{-4} m^3 et 725 g. Sachant par ailleurs qu'il faut ajouter le même poids en fer doux, on obtient finalement un circuit magnétique de poids total voisin de 1,45 kg.

2° De la formule précédente, on tire le volume d'entrefer, puis finalement l'épaisseur de l'entrefer, connaissant sa hauteur qui est en même temps l'épaisseur de la plaque de champ.

Cette dernière est choisie de façon à ne pas saturer les pièces polaires en acier doux.

Dans l'exemple indiqué, en prenant 6 mm, on obtient une largeur d'entrefer de 2 mm qui assure un jeu suffisant à une bobine convenablement guidée pour un haut-parleur grave. Par ailleurs, il convient de ne pas trop réduire le volume d'entrefer de façon à écouler correctement les calories emmagasinées, sous peine de réduire la puissance électrique admissible, comme le montre la figure 17.

Une dernière précaution peut consister à éliminer les fuites magnétiques des aimants à ferrite, préjudiciables dans certaines applications (téléviseurs, magnétophones). On y parvient en dotant le circuit magnétique d'un aimant additionnel qui annule le flux dans le blindage, par effet différentiel (fig. 18).

(A suivre.)
P. LOYEZ

(1) Certains auteurs préfèrent le terme de céramique noire.

Bloc-notes

BIBLIOGRAPHIE

TECHNIQUES
DE PRISE DE SON
par R. CAPLAIN
(2^e édition)



Cet ouvrage s'adresse aussi bien à l'amateur qu'au technicien. L'auteur vous fait profiter de ses nombreuses expériences en situation et apporte des réponses claires aux problèmes qui se posent face à la diversité des sources sonores (musique classique, jazz, pop, variétés, théâtre, cabaret, etc.) et dans des espaces acoustiques différents.

Il vous guide dans le choix du matériel approprié et vous donne de nombreux conseils pratiques.

Enfin, cet ouvrage, très technique, a le mérite de ne jamais oublier l'aspect esthétique et artistique de la création sonore.

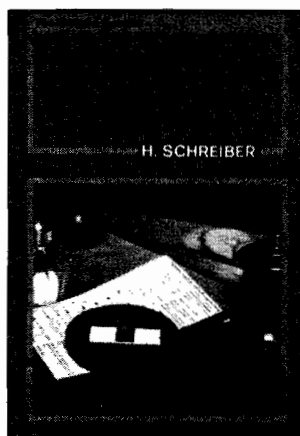
Principaux chapitres :

- Les microphones
- La prise de son en stéréophonie de phase
- La prise de son en stéréophonie d'intensité
- Le magnétophone
- La bande magnétique et ses accessoires
- La table de mixage et les appareils périphériques
- Applications complémentaires de la prise de son
- Mixage, éditing, montage.

Un ouvrage format 15 X 21, 176 pages, couverture couleur.

Editeur : E.T.S.F.

LE MICROPROCESSEUR
A LA CARTE
par Hermann SCHREIBER
(2^e édition)



Le « micro » processeur, son nom l'indique, est très petit et économique, mais cela n'exclut

pas qu'il soit très riche en possibilités.

Présentant son livre sous forme dialoguée, l'auteur explique le microprocesseur par une analogie avec... la cuisine. En effet, « entrer des données pour sortir un produit élaboré, en fonction d'un programme », c'est bien ce qu'on fait quand on prépare un plat à partir d'une recette. Et cette analogie permet une explication aussi aisée que complète des grandes bases de cette petite informatique, des notions de saut de programme, interruption, sous-programme, etc.

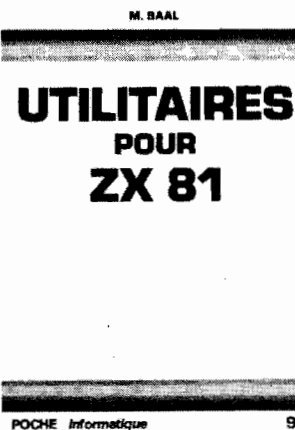
Le lecteur intéressé par des détails techniques ne restera pas « sur sa faim » pour autant. Il trouvera les caractéristiques d'un type précis de microprocesseur, non seulement avec la liste complète - et commentée - de ses instructions, mais aussi avec des exercices d'utilisation et, surtout, avec un programme complet, appliqué à l'économie d'énergie de chauffage.

Editeur : E.T.S.F. (coll. Technique Poche n° 33).

UTILITAIRES
POUR ZX 81
par Marc SAAL

Cet ouvrage vous fait découvrir le langage machine du ZX 80 et vous dévoile toutes les ressources matérielles et logicielles de votre système, jusqu'aux plus complexes,

comme le calculateur et les périphériques. Des programmes utilitaires performants, écrits en Assembleur, pourront être employés directement. Ils serviront aussi d'exemples grâce



aux commentaires accompagnant chaque routine, pour créer de nouvelles applications, même sur d'autres machines.

Quelques applications :

- Désassembleur
- Aiguillage
- Transferts en REM
- Moniteur d'hexadécimal
- Générateur de REM longues
- Entrée d'une adresse en hexadécimal
- Sortie en mode SLOW
- Affichage des registres HL et A.

Editeur : E.T.S.F. (coll. Poche Informatique n° 9).