

THEORIE



Eurelec-

COURS DE RADIO PAR CORRESPONDANCE

TRADUCTEURS ELECTRO-ACOUSTIQUES.

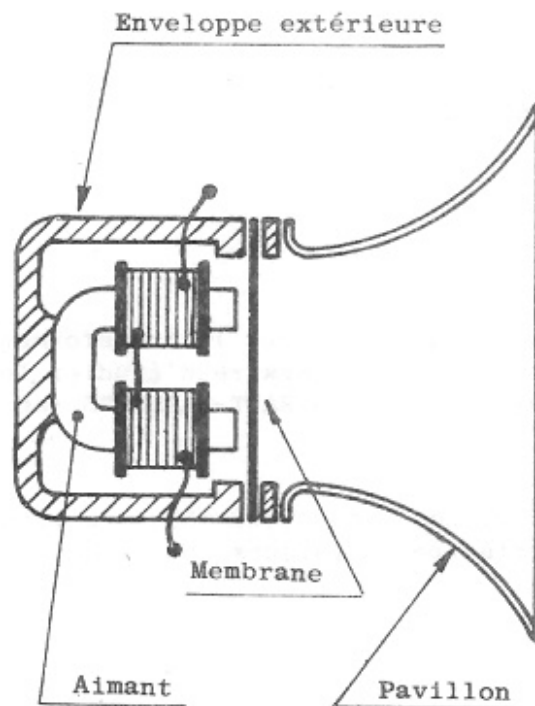
2- HAUT-PARLEURS.

Après avoir examiné les dispositifs qui permettent la transformation de l'énergie acoustique en énergie électrique, il est nécessaire d'étudier les dispositifs qui font l'opération inverse, c'est-à-dire les HAUT-PARLEURS (abréviation: H.P.).

Dans cette leçon je vous parlerai de ces traducteurs électro-acoustiques en examinant leurs propriétés et les principes physiques sur lesquels ils sont basés.

2.1- Haut-parleur magnétique.

Le type le plus simple de haut-parleur magnétique que l'on puisse imaginer, est constitué par une membrane maintenue face à un aimant permanent, sur lequel sont enroulés deux bobinages parcourus par le courant de modulation (Fig. 1).



Nous voyons, que ce haut-parleur n'est rien d'autre qu'un écouteur téléphonique de dimensions plus grandes, permettant de rayonner dans l'air environnant, une puissance acoustique importante.

Le courant, qui circule dans les deux bobines disposées sur les extrémités de l'aimant permanent, renforce ou diminue le flux total créé par l'aimant et fait varier les forces attractives qui influent sur la membrane.

Les oscillations de la membrane mettent en mouvement les couches d'air voisines, et le son se propage de proche en proche par ondes de pression successives.

- Fig. 1 -

Pour obtenir un bon rendement de conversion de l'énergie mécanique que l'on a sur la membrane, en énergie acoustique diffusée à l'extérieur, il est nécessaire d'ajouter un pavillon acoustique appliqué à la membrane.

Le son que l'on obtient en appliquant le pavillon en avant de la membrane est remarquablement plus puissant que celui que l'on peut obtenir en laissant la membrane envoyer directement le son.

Ceci est valable pour tous les autres types de haut-parleurs, et il en existe même certains, dans lesquels le pavillon est un élément indispensable.

En outre, la présence du pavillon rend plus directive l'émission du son, c'est-à-dire concentre l'énergie sonore dans une direction déterminée.

Le pavillon peut assurer les fonctions les plus diverses, suivant les nécessités et les possibilités du constructeur.

Une forme particulière est représentée Fig. 2-. Il s'agit d'un pavillon appliqué à un haut-parleur magnétique de vieux type.

La section augmente selon une loi EXPONENTIELLE; on le nomme pour cela "PAVILLON EXPONENTIEL".



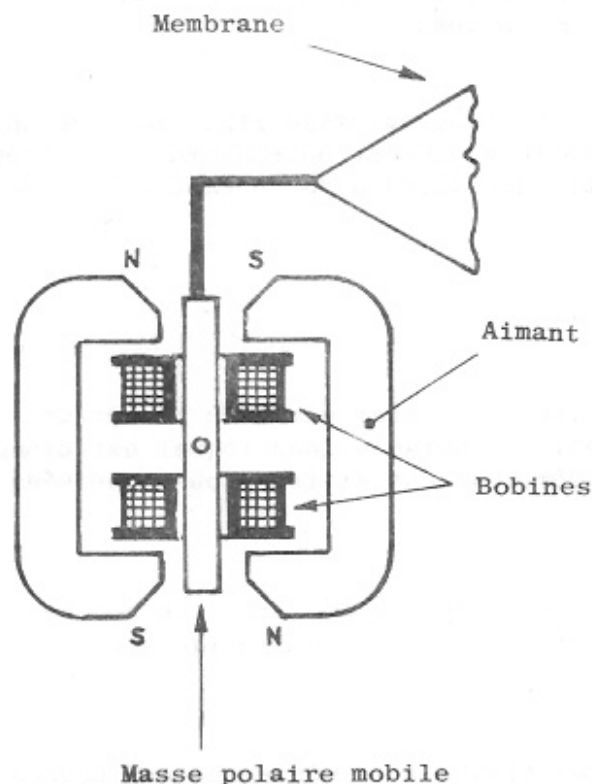
- Fig. 2 -

La raison pour laquelle on utilise cette forme est de permettre au pavillon de fournir le maximum de rendement; en effet, la fréquence acoustique suit une loi logarithmique.

A propos des haut-parleurs magnétiques il est bon de préciser qu'actuellement ils sont rarement utilisés car ils relèvent d'une technique périmée.

2.2- Haut-parleur électro-magnétique à bobinage double.

Un perfectionnement des haut-parleurs électro-magnétiques décrits précédemment est réalisé avec les haut-parleurs dits à "double bobinage".



Pour éliminer le phénomène de distorsion du son, causé par les mouvements de la membrane du haut-parleur électro-magnétique de type normal, c'est-à-dire par variation de L'ENTREFER de l'électro-aimant ou force d'attraction, on a construit un circuit magnétique qui maintient constant l'entrefer, même pour des mouvements de grande amplitude de la partie mobile du système.

A la Fig. 3- on voit la disposition des différentes pièces constituant le haut-parleur électro-magnétique à double bobinage.

L'aimant permanent possède deux pièces polaires de forme particulière entre lesquelles est disposé un barreau de fer doux mobile, fixé en "O"

- Fig. 3 -

Les deux bobines sont enroulées en sens convenable de manière à former des polarités contraires aux extrémités du barreau.

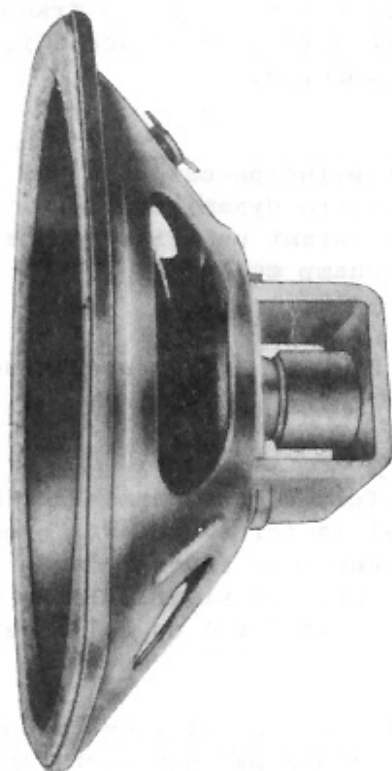
A une extrémité du barreau de fer doux est fixé rigidement un cône en papier spécial qui a pour rôle d'améliorer le rendement de conversion de l'énergie mécanique en énergie acoustique, en présentant une surface de contact plus grande avec l'air.

Le haut-parleur fonctionne comme suit:

Le courant alternatif qui arrive du dernier étage du récepteur, passe dans les deux bobines et crée un champ magnétique variable, dans lequel est plongé le barreau; celui-ci se magnétise et ses extrémités sont attirées ou repoussées par les masses polaires de l'aimant.

Suivant le sens dans lequel circule le courant dans les bobines, ce barreau se déplace d'un côté à l'autre, et son mouvement se communique au cône de papier au moyen de la tige de raccordement.

Simultanément, le cône de papier transmet le mouvement aux couches d'air environnantes, achevant ainsi le cycle de transformation d'énergie.



- Fig. 4 -

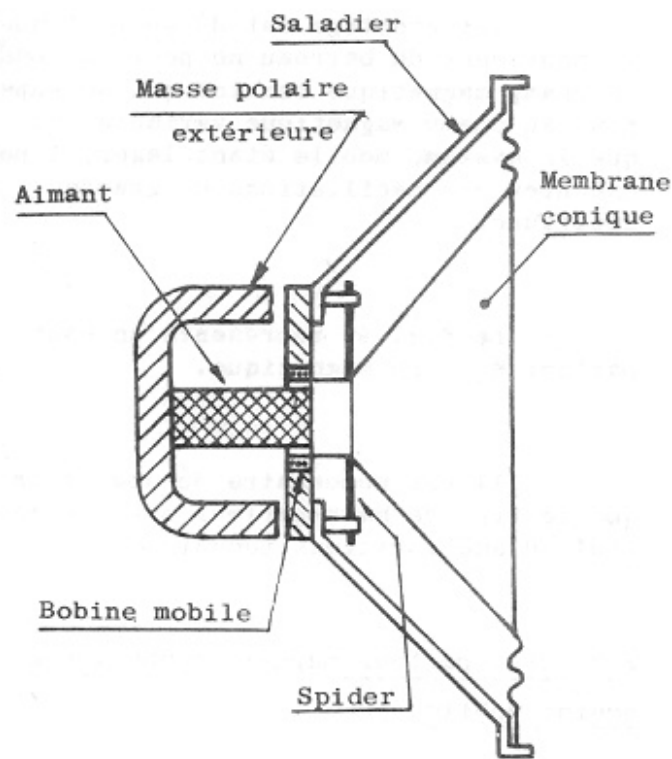
Cet avantage est dû au fait que le mouvement du barreau ne perturbe pas le champ magnétique continu qui se superpose au champ magnétique variable, et que, le système mobile étant léger, il peut exécuter des oscillations de grandes amplitudes.

La Fig. 4- représente un haut-parleur électro-magnétique.

Il est nécessaire de spécifier que ce type de haut-parleur est susceptible d'améliorations techniques.

2.3- Haut-parleur magnéto-dynamique à bobine mobile.

Ce type de haut-parleur est le plus répandu et représente actuellement



- Fig. 5 -

la meilleure solution par la transformation des courants à fréquences acoustiques, en vibrations sonores.

Son principe est basé sur l'effet de force électro-dynamique produit par le courant parcourant un fil conducteur plongé dans un champ magnétique.

La Fig. 5- représente le schéma du haut-parleur magnéto-dynamique.

Un fort aimant permanent en matériau spécial (acier au cobalt) produit un champ magnétique intense dans l'entrefer qui existe entre la pièce polaire annulaire externe et l'extrémité du cylindre interne.

Dans cet entrefer est plongée une bobine constituée par plusieurs spires de

fil de cuivre autour d'un support isolant.

La bobine est liée à une membrane conique en papier spécial insensible aux agents atmosphériques et traité avec des vernis spéciaux. En outre, elle est parfaitement centrée dans l'entrefer et ne doit pas toucher les masses polaires.

Il existe un dispositif appelé SPIDER, qui permet à la bobine d'exécuter des mouvements dans le sens longitudinal, et non dans le sens transversal. La membrane est centrée sur son diamètre maximum par une bordure flexible qui lui permet des déplacements longitudinaux, tout en la maintenant toujours centrée transversalement: le rôle de cette bordure complète celui du spider.

Le support métallique appelé SALADIER sert à maintenir la membrane; elle est fixée à sa base contre la carcasse du circuit magnétique.

Si l'on applique à la bobine mobile une tension continue, on obtient une force électro-magnétique produite par le courant qui circule dans la bobine.

La bobine mobile se déplace donc dans un sens déterminé (de bas en haut ou inversement) en fonction du sens du courant qui circule dans la bobine, et du sens du flux magnétique créé par l'aimant permanent.

Si le courant change de sens, la bobine se déplace suivant la variation du courant, et par suite, la membrane se déplace identiquement.

L'amplitude du déplacement dépend de l'intensité du courant, de l'intensité du champ magnétique dans l'entrefer (c'est-à-dire de l'induction), du nombre de spires qui constituent la bobine mobile et des caractéristiques mécaniques du système représenté par la membrane, sa bordure et le spider.

Le mouvement du cône produit dans l'air des ondes de pression successives que notre oreille transforme en sons.

Le haut-parleur magnéto-dynamique présente par rapport aux types décrits précédemment, le grand avantage d'avoir sa partie mobile très légère: celle-ci peut donc facilement suivre l'oscillation due aux courants de fréquence élevée (on dit que la bobine mobile possède une faible inertie).

Par ailleurs la grande liberté de mouvement de la bobine mobile et de la membrane dans le sens longitudinal, favorise son fonctionnement aux fréquences les plus basses et aux puissances les plus élevées (on obtient une puissance acoustique importante avec des amplitudes faibles de la membrane).

Pour toutes ces raisons, le haut-parleur magnéto-dynamique réussit à reproduire directement les sons dans une grande gamme de fréquences.

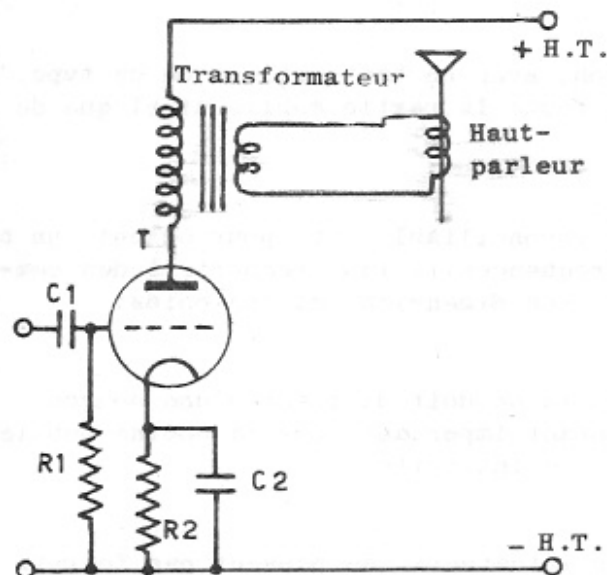
Une bonne reproduction du son, avec un haut-parleur de ce type, dépend des dimensions de la membrane et de toute la partie mobile ainsi que de l'induction dans l'entrefer.

Parfois, ces exigences sont inconciliables et, pour obtenir un bon fonctionnement dans une gamme étendue de fréquences, il faut recourir à des compromis entre la rigidité du système mobile, ses dimensions et son poids.

Pour alimenter la bobine mobile on doit disposer d'une source d'énergie électrique à basse tension et courant important, car la bobine mobile a une impédance très faible et absorbe une forte intensité.

Habituellement les tubes amplificateurs, ne peuvent pas fournir la puissance sous la forme demandée.

Il faudra donc interposer entre le dernier étage et le haut-parleur, un transformateur d'énergie constitué par deux enroulements: l'un, comportant beaucoup de spires en fil fin, est raccordé au tube final; l'autre, avec peu de spires en gros fil, est raccordé à la bobine mobile.



- Fig. 6 -

A la Fig. 6- on a représenté le schéma du dernier étage d'un récepteur avec sa liaison au haut-parleur.

La bobine mobile a une résistance ohmique qui dépend de la longueur et du diamètre du fil employé, et une inductance qui dépend des dimensions de la bobine, du nombre de spires et également du mouvement de la bobine, ainsi que du flux magnétique permanent.

En résumé, la bobine présente une résistance au passage du courant en fonction de la fréquence (voir Fig. 7-).

Il faut noter que la courbe caractéristique de l'impédance a un maximum pour une fréquence déterminée du courant dans la bobine.

Valeurs de l'impédance de
la bobine mobile

Z en Ω

20

10

0

10

100

1000

10.000

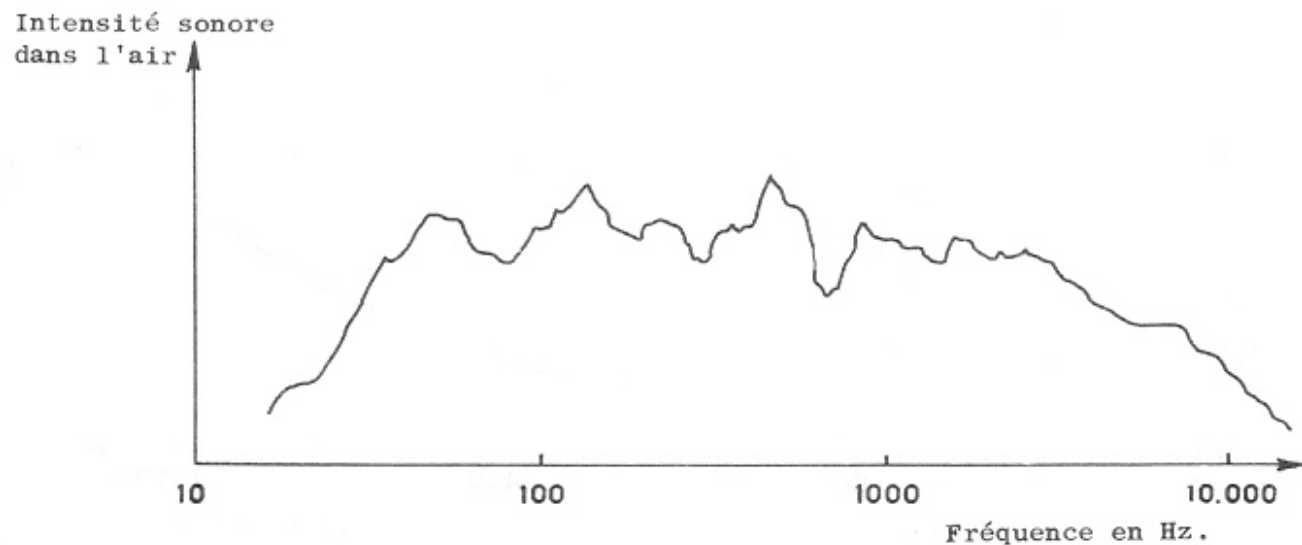
Pointe de résonance du H.P.

Fréquence en Hz.

- Fig. 7 -

Cela signifie que pour cette fréquence déterminée, on a un phénomène de résonance mécanique fonction du poids de la membrane, de la bobine mobile, de la flexibilité de la bordure du cône et du spider.

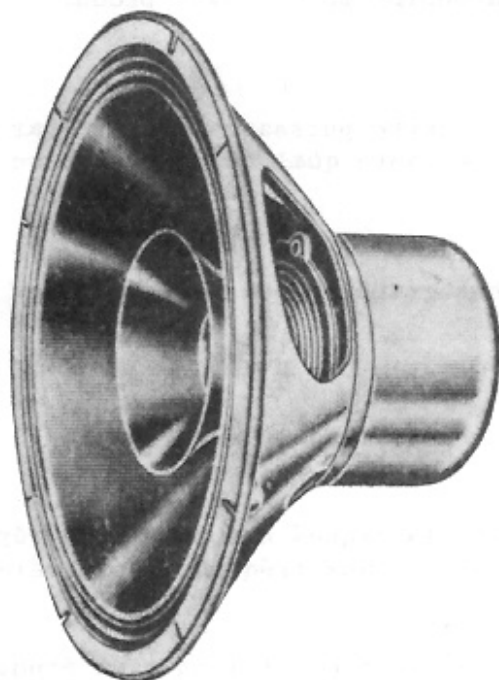
La fréquence à laquelle se manifeste le phénomène est appelée
FREQUENCE DE RESONANCE du haut-parleur;



- Fig. 8 -

elle devra être réduite au minimum, c'est-à-dire que la résonance ne devra se produire qu'aux fréquences les plus basses du registre des fréquences audibles.

On peut également considérer le rendement du haut-parleur comme à la Fig. 8-.



- Fig. 9 -

Sur ce diagramme on a dessiné, en fonction de la fréquence du courant envoyé dans la bobine, la valeur de la pression sonore créée par le haut-parleur en maintenant constante la valeur du courant dans la bobine mobile.

Pour un haut-parleur parfait, ce diagramme devrait être une ligne parfaitement horizontale; le haut-parleur sera d'autant plus parfait, que sa caractéristique de fidélité se rapprochera de la condition idéale.

Connaissant la courbe d'impédance de la bobine mobile en fonction de la fréquence du courant (caractéristique d'impédance), ainsi que la valeur de la pression sonore en fonction de la fréquence (caractéristique de fidélité), on a une vue suffisamment précise du fonctionnement d'un haut-parleur.

Pour compléter l'examen d'un haut-parleur, il faut aussi connaître la puissance maximum que l'on peut envoyer dans la bobine mobile sans produire de distorsion sur le son diffusé.

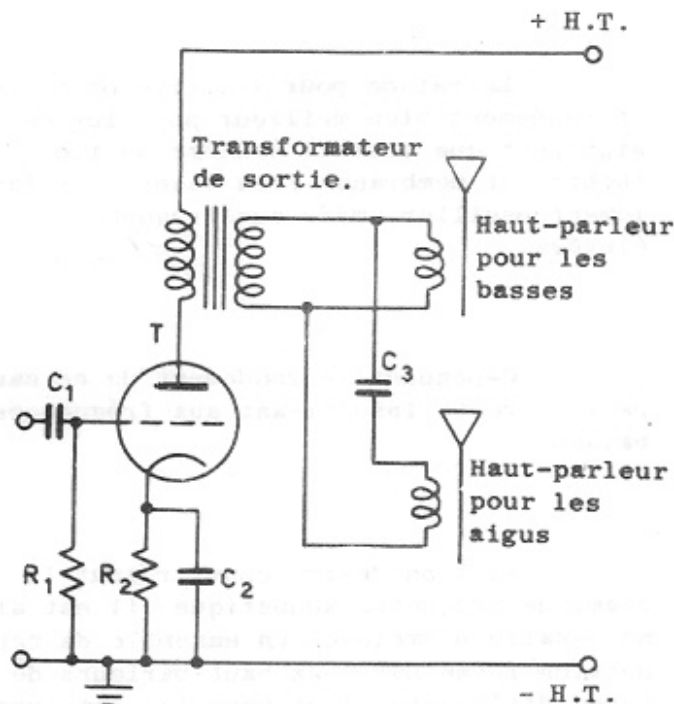
Comme il est difficile de déterminer cette puissance maximum par une simple audition, on utilise des haut-parleurs de haute qualité, couplés à un instrument correcteur de la forme d'onde.

A la Fig. 9- on peut observer la photographie d'un haut-parleur magnéto-dynamique classique.

2.4- Haut-parleur magnéto-dynamique à bobine mobile pour fréquences élevées.

Les haut-parleurs magnéto-dynamiques classiques ont une bonne réponse aux basses et moyennes fréquences, mais sont peu adaptés aux fréquences plus élevées.

Leur rendement pour les sons aigus est faible, et l'on a dû étudier des haut-parleurs magnéto-dynamiques de forme particulière, pour augmenter ce rendement dans les fréquences élevées.



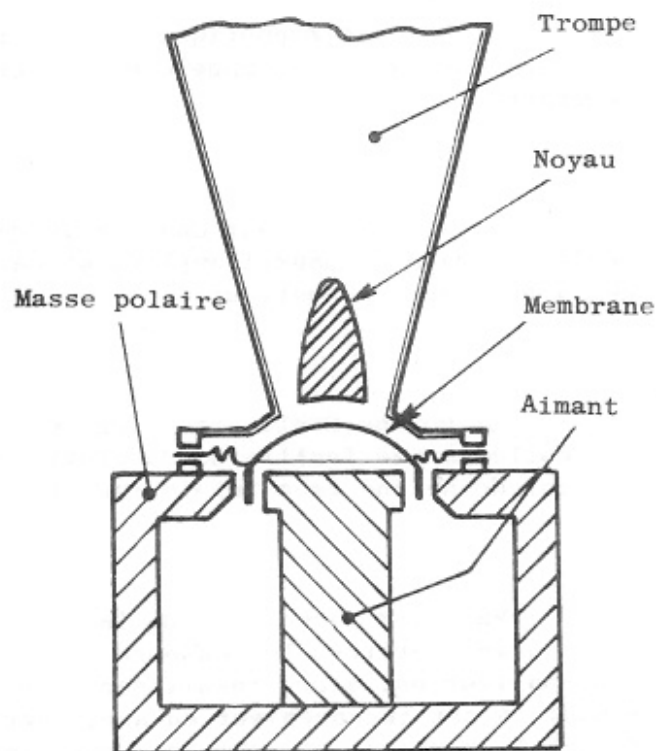
- Fig. 10 -

Le circuit magnétique et l'entrefer sont identiques au modèle décrit précédemment.

La différence est dans la forme de la membrane et dans l'amplification de la puissance acoustique.

La bobine mobile très légère est collée à une feuille de duralumin, ce qui lui donne une très faible inertie.

Mais les dimensions de la membrane étant petites, le rendement du haut-parleur est alors insuffisant; on remédie à cet inconvénient, en appliquant devant la membrane, un pavillon acoustique aux dimensions bien calculées.

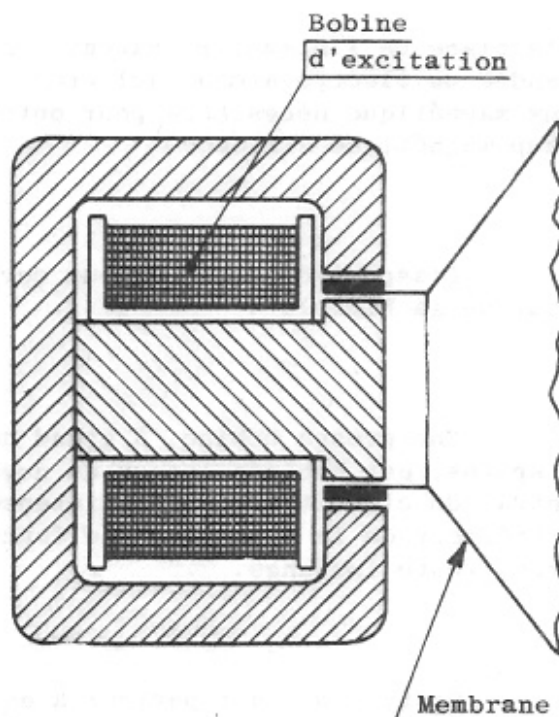


La raison pour laquelle on obtient un rendement bien meilleur pour les sons aigus, est que tout le système mobile (bobine et membrane) très léger peut facilement osciller, même aux fréquences élevées.

Cependant le rendement de ce haut-parleur reste insuffisant aux fréquences basses.

Si l'on désire couvrir tout le champ de fréquence acoustique, il est alors nécessaire d'employer un ensemble de reproduction formé par deux haut-parleurs de types différents, l'un pour les sons graves, l'autre pour les sons aigus.

- Fig. 11 -



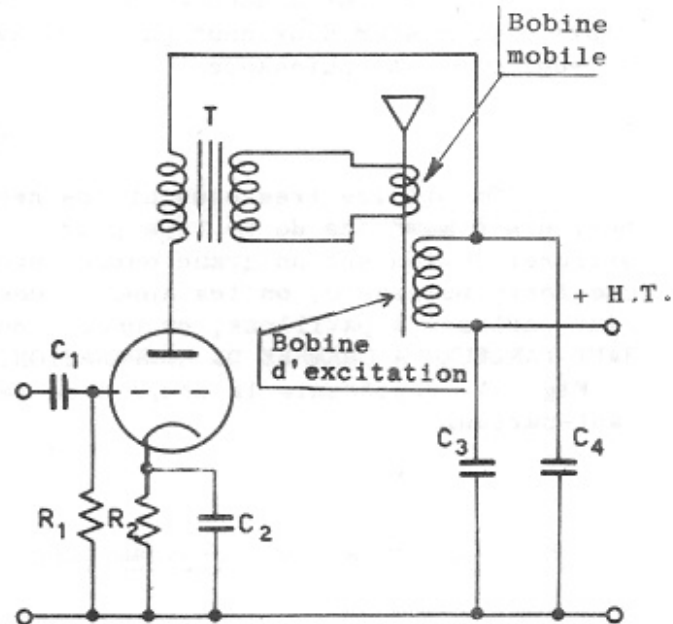
- Fig. 12 -

A la Fig. 10- on a reproduit le schéma d'un système à double voie susceptible d'alimenter deux haut-parleurs avec un seul étage de puissance.

On utilise très souvent les haut-parleurs à membrane de ce type pour diffuser le son sur un grand espace avec une forte puissance; on les appelle des haut-parleurs à pavillons, ou encore des HAUT-PARLEURS A CHAMBRE DE COMPRESSION: la Fig. 11- représente la coupe d'un tel haut-parleur.

2.5- Haut-parleurs électro-dynamiques.

Les deux types de haut-parleurs que nous venons de décrire peuvent être partiellement modifiés:



C_3, C_4 = Condensateurs de filtrage
de la H.T.

- Fig. 13 -

à la place de l'aimant permanent, on peut prendre un électro-aimant qui créera le flux magnétique nécessaire pour obtenir un champ magnétique efficace.

L'aspect du haut-parleur devient celui de la Fig. 12-.

Une grosse bobine, à grand nombre de spires, est bobinée autour du noyau central du circuit magnétique intense à l'intérieur de la bobine, et le fonctionnement reste inchangé.

Ce type de haut-parleur a eu une période de grande vogue; la bobine d'excitation peut servir comme bobine de filtrage de la H.T., ce qui est d'une grande économie.

La Fig. 13- représente le schéma du dernier étage d'un amplificateur avec, comme haut-parleur un électro-dynamique: on remarque que l'excitation sert au filtrage de la H.T.

La technique moderne a permis d'obtenir de bons aimants permanents sous un faible volume; il en résulte que les récepteurs modernes ne font appel qu'aux haut-parleurs magnéto-dynamiques.

2.6- Haut-parleurs à condensateur.

Sur le principe du microphone à condensateur, on peut construire des haut-parleurs à condensateur, mais ceux-ci n'ont pas de grandes applications pratiques, mise à part leur haute fidélité sur une gamme étendue de fréquences (se rapporter à ce qui a été dit pour les micros à condensateur).

2.7- Haut-parleurs à ruban.

De même, les haut-parleurs à ruban appartiennent à une catégorie qui n'a pas de grands débouchés.

Le principe de fonctionnement est semblable à celui des microphones à ruban.

Le fonctionnement est inversé; en envoyant le courant dans le ruban, on réussit à obtenir un son.

Il existe aussi d'autres types de haut-parleurs mais ils n'intéressent que les laboratoires; en pratique, on utilise exclusivement des haut-parleurs électro-dynamiques, ou magnéto-dynamiques.

=====

REPONSES AUX EXERCICES SUR LA 16ème LECON DE THEORIQUE

- 1- C'est un dispositif qui transforme l'énergie sonore en énergie électrique ou inversement.
- 2- C'est un traducteur électro-acoustique qui transforme l'énergie sonore en énergie électrique.
- 3- L'onde sonore comprime les grains de charbon et fait varier leur résistance apparente; on obtient alors des courants alternatifs de forme semblable à celle des ondes sonores.
- 4- A fournir une tension de sortie importante.
- 5- A créer un champ magnétique constant dans l'entrefer où se déplace la bobine mobile.
- 6- Parce que le microphone à ruban a une impédance interne très faible et donne par conséquent à la sortie une tension minime qui doit être augmentée pour pouvoir piloter l'amplificateur.
- 7- Les microphones à ruban et à condensateur.
- 8- Parce que le microphone se comporte comme un condensateur qui peut se décharger ou se recharger sous l'effet du mouvement de la membrane.
- 9- Il fonctionne sur le principe de la piézo-électricité: certains cristaux soumis à des vibrations mécaniques donnent naissance à des tensions électriques en relation directe avec l'amplitude et la fréquence des vibrations (ondes de pression sonores).

EXERCICES DE REVISION SUR LA 17ème LECON DE THEORIQUE

- 1- Comment un haut-parleur électro-magnétique est-il constitué ?
- 2- Comment un haut-parleur magnéto-dynamique est-il constitué ?
- 3- Quelle différence y-a-t-il entre un haut-parleur électro-magnétique et un haut-parleur magnéto-dynamique.?
- 4- Comment un haut-parleur électro-magnétique à bobine double est-il constitué ?
- 5- A quoi sert la bobine mobile du haut-parleur magnéto-dynamique ?
- 6- Quels sont les avantages du haut-parleur magnéto-dynamique ?
- 7- Quelles sont les courbes qu'il est nécessaire de connaître pour déterminer les caractéristiques d'un haut-parleur ?
- 8- Comment un haut-parleur à chambre de compression est-il constitué ?
- 9- Qu'est-ce qu'un complexe à deux haut-parleurs ?

=====