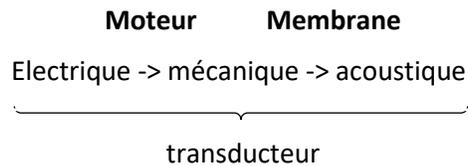


Les Enceintes

1. Les haut-parleurs

1.1. Structure d'un transducteur électroacoustique

Le transducteur électroacoustique convertit une énergie électrique en énergie acoustique, en passant par une phase intermédiaire, qui est l'énergie mécanique.



Une membrane ayant par définition deux faces, il s'ensuit que l'énergie acoustique se présente sous forme d'une onde avant, et d'une onde arrière. Aussi, pour assurer le transfert de l'énergie acoustique dans la salle, on utilise des « charges avant », dont la plus simple expression est le rayonnement direct mais qui peuvent prendre des aspects plus compliqués, comme les pavillons multicellulaires. De même, les « charges » arrière de la membrane peuvent prendre des aspects variés allant du plus simple, représenté par l'enceinte close, au plus compliqué, formé de résonateurs couplés. Le traditionnel « bass reflex » est une charge arrière formée par un simple résonateur.

Il existe une grande variété de conceptions de haut-parleurs. Néanmoins, tous possèdent un moteur et une membrane, bien que parfois ce soit le même élément qui remplisse ce double rôle (exemple : HP à ruban).

Pour les moteurs, il n'existe que deux méthodes pour transformer directement une énergie électrique en énergie mécanique : soit en utilisant un champ de force électromagnétique, soit un champ de force électrostatique. Les principes physiques sont les mêmes que pour les microphones.

Terminologie :

Haut-parleur	Transducteur d'énergie électrique en énergie acoustique. Se comporte de 2 éléments : <ul style="list-style-type: none">- Le moteur qui convertit l'énergie électrique en énergie mécanique- La membrane qui convertit l'énergie mécanique en énergie acoustique
Enceinte	Ensemble fonctionnel regroupant les haut-parleurs, les charges acoustiques des HP et les filtres.
Baffle	Ecran généralement plan au milieu duquel débite le haut-parleur.
Pavillon	Système acoustique se montant devant un haut-parleur et favorisant le transfert d'énergie de la membrane vers la salle.
Médium	Haut-parleur chargé de reproduire les fréquences médianes. Bande usuelle : 200 Hz – 7kHz. Sur les ensembles de forte puissance, cette section est séparée en bas médium (200 Hz – 1,2 kHz) et haut-médium (1,2 kHz – 7 kHz).
Dôme	Membrane en dôme. Membrane à excitation périphérique (diamètre de la bobine égal au diamètre de la membrane) par opposition aux cônes (avec cache –noyau), l'excitation se fait par le centre. On l'utilise de préférence pour les HP de petit diamètre (tweeter).
Boomer	HP chargé de la reproduction des fréquences basses (40 Hz – 300 Hz). Diamètre usuel : 25 à 46 cm.
Woofer	Identique à boomer.
Tweeter	HP reproduisant les fréquences aiguës (5 kHz – 20 kHz). Se présente usuellement sous forme d'un dôme de 19 à 30 mm de diamètre pour les amplifications de faibles niveaux.
Subwoofer	Caisson basses fréquences (20 Hz – 120 Hz)

1.2. Le haut-parleur électrodynamique à bobine

Le haut-parleur à bobine est de loin le plus répandu. Il est constitué d'un aimant permanent dans l'entrefer duquel est placée une bobine enroulée sur un mandrin fixé à la membrane. La membrane est maintenue en position de repos grâce à un système constitué d'une suspension centrale et d'une suspension périphérique.

Lorsque la bobine mobile, placée dans le champ magnétique de l'aimant, reçoit un courant électrique, elle se met en mouvement et met en vibration la membrane du HP autant de fois par seconde que la fréquence du signal audio.

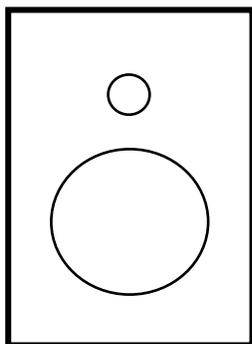


Figure - Enceinte à 2 voies : tweeter et médium

Figure 5.7
Vue en coupe d'un tweeter à dôme.

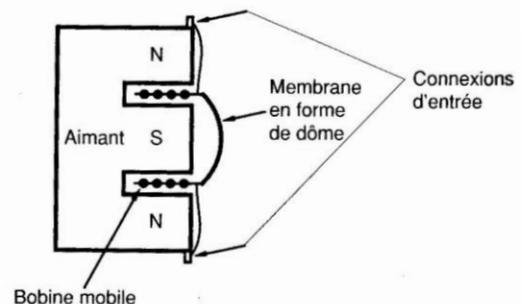
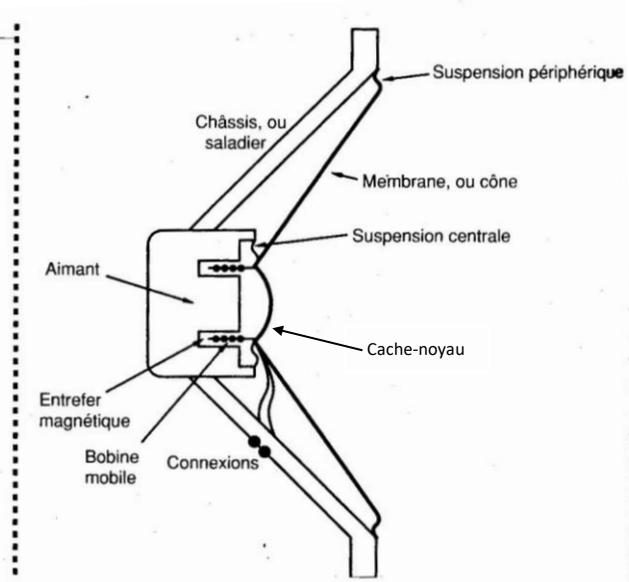


Figure 5.1
 Vue en coupe d'un haut-parleur à bobine mobile.



Avantages :

- Simple à mettre en œuvre
- Peu cher

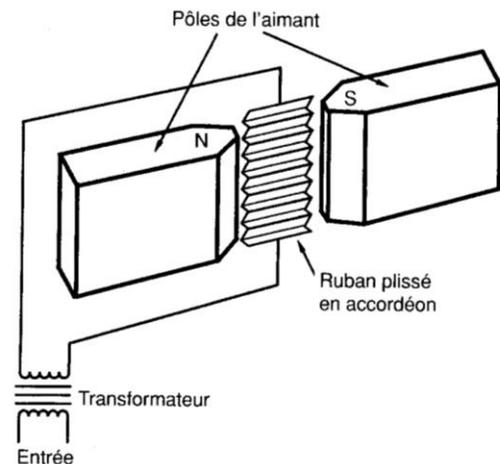
Inconvénients :

- Sensible aux ondes électromagnétiques
- Mécanisme qui chauffe (effet Joule)

1.3. Le haut-parleur électrodynamique à ruban

Le principe du HP à ruban est utilisé pour les diffuseurs d'aiguës (tweeter). Un ruban très léger, attaché à ses extrémités, est placé entre les deux pôles d'un aimant. Le signal électrique appliqué au ruban le met en vibration.

Avantage : Bonne définition dans les aiguës



1.4. Le haut-parleur électrostatique

L'élément moteur d'un haut-parleur électrostatique est constitué d'une membrane plate de grandes dimensions et de faible masse, insérée entre deux plaques. Une tension de polarisation élevée est appliquée entre la membrane et le point milieu du transformateur d'entrée. Le condensateur constitué par l'intervalle étroit compris entre la membrane et les plaques est ainsi chargé. Le signal d'entrée, appliqué aux deux plaques rigides par l'intermédiaire du transformateur, module le champ électrostatique. La membrane subit alors une force qui dépend de l'amplitude et de la polarité du signal d'entrée. Libre de se déplacer, dans certaines limites, entre les deux plaques rigides, la membrane vibre, ce qui produit une onde sonore.

Ce type de HP n'est pas installé sur une enceinte, et les ondes sonores transitent par les trous des plaques. Elles sont émises de la même manière à l'avant et à l'arrière. Un tel HP présente donc une réponse bidirectionnelle.

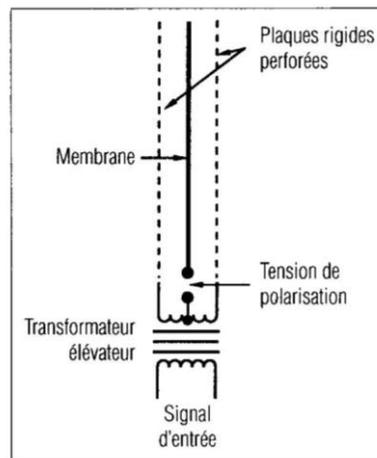


Figure – Sound Lab Speaker Audiophile 945

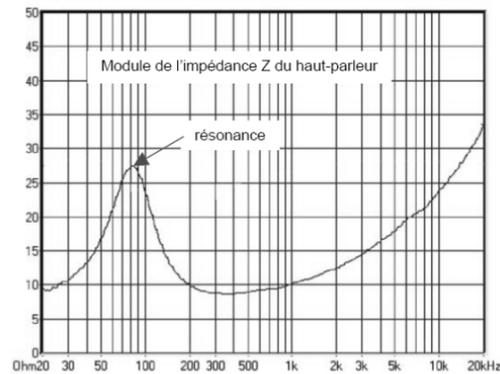
1.5. Fréquence de résonance du haut-parleur

La fréquence de résonance est la fréquence propre du haut-parleur qui va être amplifiée naturellement par le système. Les fabricants de haut-parleur cherchent une fréquence de résonance la plus basse possible afin d'exploiter les fréquences supérieures.

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

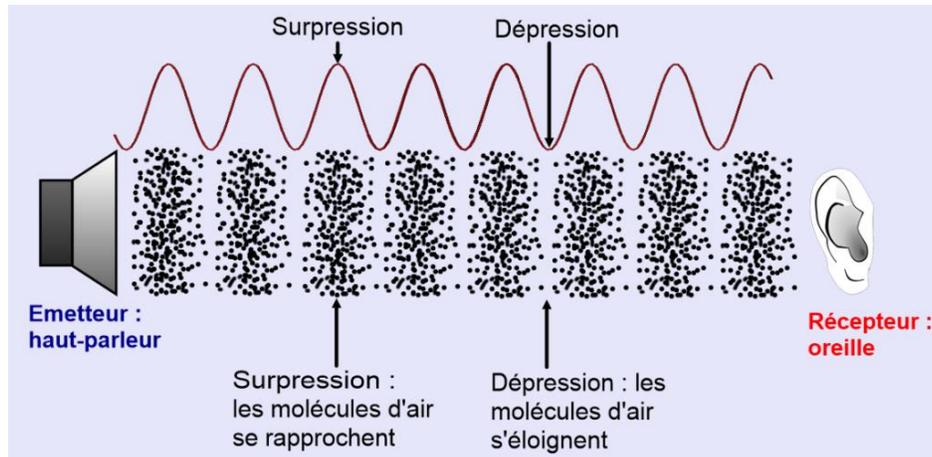
Où :

- k est la raideur de la suspension du HP
- m est la masse en mouvement du HP (masse de la bobine + membrane + réactance de l'air).



2. Les enceintes

La membrane d'un haut-parleur électrodynamique engendre des ondes sonores à la fois vers l'avant et vers l'arrière. Lorsqu'elle se déplace vers l'avant, elle produit une compression de l'air (appelée aussi surpression) et, simultanément, une détente (appelée aussi dépression) apparaît à l'arrière. Les ondes produites présentent donc une opposition de phase et tendent à s'annuler lorsqu'elles se combinent, particulièrement aux basses fréquences (grandes longueurs d'onde). C'est la raison pour laquelle le HP doit être installé dans une enceinte.

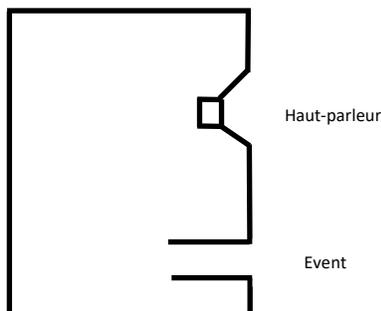


2.1. Enceinte close

Enceinte complètement fermée.

2.2. Enceinte Bass Reflex

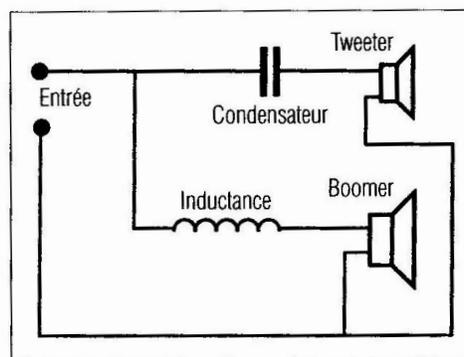
Enceinte présentant un évent. Les différents paramètres que sont le volume interne de l'enceinte, la masse de la membrane ainsi que les dimensions de l'évent, sont choisis pour qu'à une certaine fréquence (basse) l'air contenu dans l'évent entre en résonance, ce qui réduit les mouvements de la membrane à cette fréquence. L'évent produit ainsi lui-même des ondes sonores de basse fréquence qui se combinent à celles émises par le haut-parleur.



2.3. Enceinte multivoies

Un haut-parleur ne peut, à lui seul, reproduire correctement la totalité du spectre audio (20 Hz à 20 kHz). La reproduction des basses fréquences nécessite des haut-parleurs de grand diamètre et des elongations importantes de la membrane. Inversement, la reproduction des hautes fréquences nécessite de petites membranes légères.

La technique la plus répandue pour obtenir une reproduction correcte de l'ensemble du spectre est l'enceinte dite à deux voies. Elle est constituée d'un diffuseur de basses et médiums, qui prend en charge les fréquences allant jusqu'à environ 3 kHz, et d'un *tweeter* qui diffuse les signaux de fréquences supérieures. Un **filtre de répartition** (*crossover* en anglais) permet de répartir le spectre audio de manière à envoyer les fréquences hautes au *tweeter* et les fréquences basses et médiums au haut-parleur médium.



Principe simplifié d'un filtre à répartition

2.4. Enceinte active

Chacun des haut-parleurs possède son propre amplificateur de puissance. La subdivision des signaux audio (répartition du spectre) s'opère au niveau ligne grâce à des circuits électroniques actifs, après lesquels chaque bande de fréquence attaque un amplificateur de puissance distinct, à la sortie duquel est relié le HP.

2.5. Enceinte passive

La répartition du spectre est effectuée à l'aide de composants passifs : résistances et condensateur. L'enceinte passive nécessite un ampli externe. Les niveaux de tension ne sont pas les mêmes (de l'ordre de dizaines de Volt pour les filtres passifs contre des tensions de l'ordre du Volt pour le filtre actif).

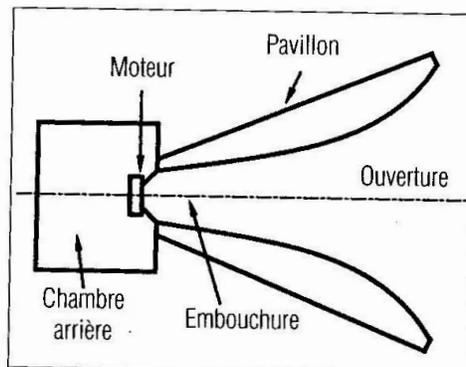
2.6. Enceinte à pavillon et moteur à compression

Le pavillon est une technique très répandue pour les enceintes destinées à la **sonorisation**. Le pavillon est placé devant la membrane du haut-parleur et permet de concentrer l'énergie acoustique vers l'avant (avec un certain angle) afin d'obtenir une efficacité élevée dans cette direction.

Le pavillon constitue un transformateur acoustique, dans la mesure où il assure l'adaptation de l'impédance de l'air entre l'embouchure (le côté où est placé la HP) et son ouverture. Une meilleure efficacité est alors obtenue ; par rapport à un HP installé dans une enceinte conventionnelle, la charge par pavillon permet d'obtenir, pour un signal électrique de niveau donné, un surcroît de pression sonore de l'ordre de 10 dB. Une enceinte à pavillon est donc directive (directivité accrue par le pavillon).

Ce type d'enceinte convient très bien lorsque des niveaux sonores élevés doivent être délivrés dans des lieux vastes, comme lors de concerts rock ou manifestations en plein air. Il produit cependant une coloration du son et est donc très peu utilisé en hi-fi ou en studio.

Les pavillons destinés aux fréquences élevées sont attaqués non par un haut-parleur à membrane mais par un moteur à compression, qui consiste en une membrane en forme de dôme.



3. Caractéristiques des enceintes

3.1. Sensibilité

La sensibilité d'un haut-parleur indique l'efficacité avec laquelle il convertit l'énergie électrique en énergie acoustique.

Plus exactement, la sensibilité correspond au niveau de pression sonore exprimée en dB SPL à une distance de 1m dans l'axe du HP pour une tension RMS de 2,8 V (soit 1 W pour une impédance nominale de 8 Ω). Généralement, la mesure se fait avec un bruit rose.

3.2. Rendement

Il s'agit du rapport entre la puissance acoustique émise et la puissance électrique fournie aux bornes de l'enceinte. Les haut-parleurs sont des dispositifs à très faible rendement. Le reste de la puissance est, pour l'essentiel, dissipé sous forme de chaleur dans la bobine. Le rendement est généralement $\leq 1\%$ pour les enceintes à radiation directe. Il peut s'approcher des 10% pour les enceintes à pavillon avec moteur à compression.

$$\text{Rendement} : \eta = \frac{P_a}{P_e}$$

Où :

- P_a = Puissance acoustique rayonnée par l'enceinte
- P_e = Puissance électrique reçue par la bobine ($P_e = U \cdot I$)

3.3. Puissance maximale admissible

La puissance maximale admissible indique le nombre de watts que peut recevoir un haut-parleur avant que ne se manifeste un taux de distorsion inacceptable.

3.4. THD

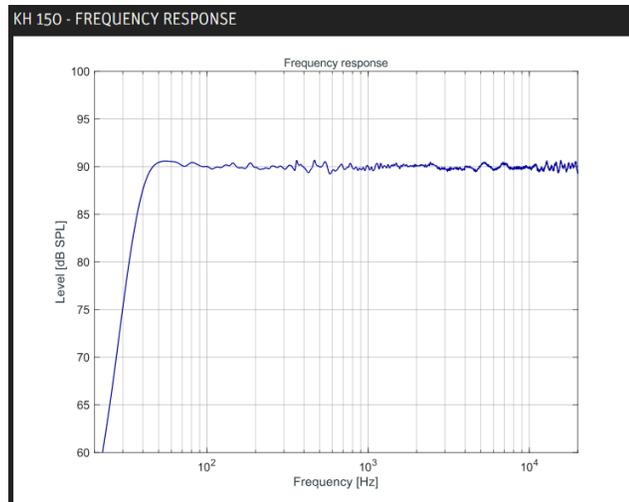
THD = Total Harmonic Distorsion

Taux de distorsion (exprimé en pourcentage) à partir duquel on considère que le son comporte une distorsion non négligeable.

3.5. Réponse en fréquence

La réponse en fréquence peut être donnée :

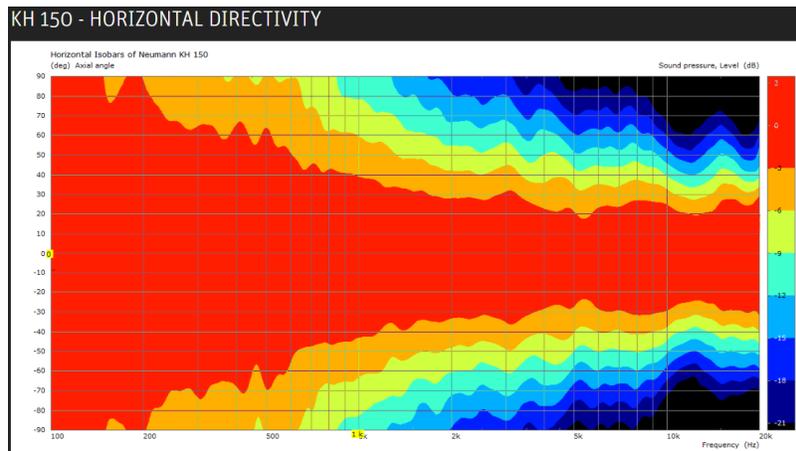
- Par la courbe de réponse en fréquence qui indique l'aptitude du HP à retranscrire de manière égale toutes les fréquences du spectre. Dans l'idéal, la courbe doit être plate.
- Par la bande passante : partie de la courbe comprise entre +/- 3 dB (parfois +/- 6 dB).



3.6. Directivité

La directivité peut être donnée par :

- La courbe de directivité (ou diagramme isobare) qui permet visualiser les différences de pression acoustiques en fonction de la fréquence et de l'angle par rapport à l'axe central. En abscisse est indiquée la fréquence, et en ordonnée est indiqué l'angle par rapport à l'axe central.



- Le diagramme polaire.

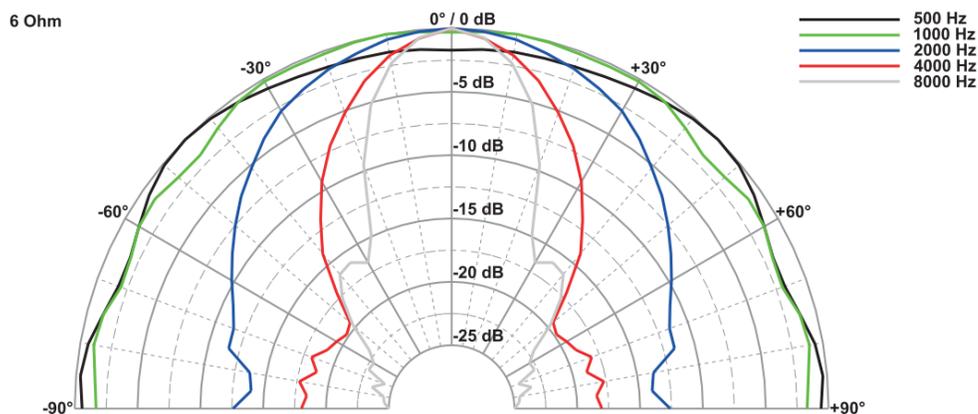


Figure – HP Visaton B200

3.7. Facteur de directivité

Le facteur de directivité Q est le rapport entre l'énergie acoustique transmise dans la direction qui nous intéresse, sur l'énergie acoustique transmise par une source théorique, de diffusion parfaitement uniforme et de même puissance.

$$Q = \frac{I_{axe}(r)}{I_{moy}(r)}$$

3.8. Compression thermique

Les haut-parleurs électrodynamiques ont une sensibilité qui décroît avec la puissance. Ce phénomène bien connu (compression thermique) est dû à la bobine dont la température augmente avec la puissance. Lorsque la résistance ohmique de la bobine s'élève notablement, il s'ensuit une diminution de la sensibilité aux forts niveaux sonores.

Bibliographie

- Le livre des techniques du son – Technologies, 6^e édition, Dunod
- Son & Enregistrement, Francis Rumsey & Tim McCornick, Eyrolles