

OBJECTIFS

- Comprendre le principe de fonctionnement d'un haut-parleur.
- Connaître les caractéristiques d'un haut-parleur.

Un haut-parleur permet de convertir des signaux électriques en sons. C'est un transducteur d'énergie : il transforme de l'énergie électrique en énergie acoustique. Le haut-parleur le plus largement utilisé est le haut-parleur électrodynamique.

Comment fonctionne-t-il ? Quelles sont ses principales caractéristiques ?

➔ Fonctionnement du haut-parleur électrodynamique

▲ La force de Laplace

Un matériau conducteur, parcouru par un courant électrique et placé dans un champ magnétique, est soumis à une force électromagnétique. Cette force est appelée **force de Laplace** (Pierre-Simon de Laplace, 1749-1827, était un mathématicien, astronome et physicien français).

- Réalisons l'expérience du **Doc. 1** et observons :
 - Modifier le sens de circulation du courant électrique.
 - Modifier le sens du champ magnétique créé par l'aimant

1. Schématiser l'expérience permettant de mettre en évidence la force de Laplace.
2. De quels paramètres dépend le sens de la force de Laplace ?

- Remplaçons le générateur de tension continue par un GBF (Générateur Basse Fréquence) réglé en tension sinusoïdale avec une fréquence de **1 Hz**.

3. Qu'observe-t-on ?



Doc. 1 : Mise en évidence de la force de Laplace.

▲ Le haut-parleur électrodynamique

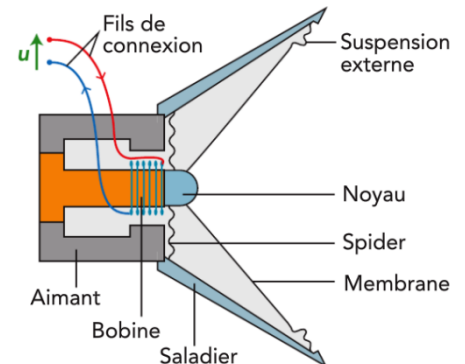
Ana, Réa

Un haut-parleur électrodynamique comporte deux éléments essentiels : **une bobine mobile** et **un aimant fixe** (**Doc. 2**).

La bobine est placée dans le champ magnétique de l'aimant (voir l'animation **Haut-Parleur**).

Lorsque la bobine est traversée par un courant électrique elle est soumise à une force de Laplace qui la déplace horizontalement dans un sens. Quand le courant change de sens, le sens de la force de Laplace s'inverse et la bobine se déplace dans l'autre sens.

Les déplacements de la bobine sont transmis à la membrane du haut-parleur qui, à son tour, fait vibrer l'air qui l'entoure pour produire un son.



Doc. 2 : Schématisation d'un haut-parleur électromagnétique.

4. Établir un protocole expérimental permettant de trouver la relation entre la fréquence f_u de la tension alternative sinusoïdale u qui alimente un haut-parleur et la fréquence f_v des vibrations de sa membrane (voir info).

5. Mettre en œuvre le protocole et déterminer la valeur de f_v . Conclure.

Info : la stroboscopie

Un stroboscope est une source lumineuse qui émet de brefs éclairs lumineux à intervalles de temps réguliers. La fréquence des éclairs émis est réglable : elle est affichée en **éclairs /min** sur le stroboscope.

Un stroboscope permet :

- d'observer des mouvements trop rapides pour l'œil nu ;
- de mesurer la fréquence d'une vibration périodique.

Pour mesurer la fréquence f_v d'une vibration périodique, il faut éclairer le système vibratoire avec le stroboscope en partant de la plus grande fréquence possible pour les éclairs. Ensuite il faut diminuer lentement la fréquence f_E des éclairs jusqu'à observer une immobilité apparente du système vibratoire : on a alors $f_v = f_E$.

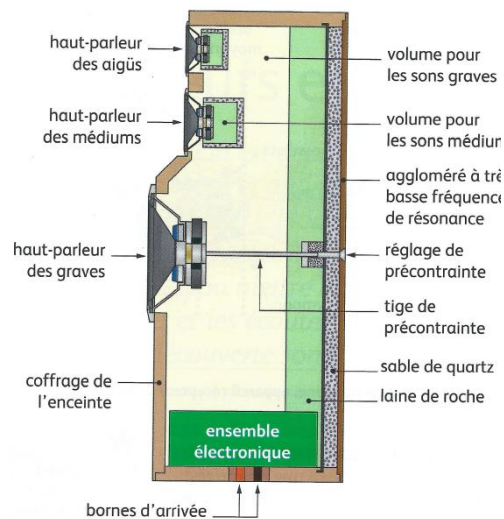


➤ Caractéristiques d'un haut-parleur électrodynamique

Les caractéristiques d'un haut-parleur sont indiquées sur la fiche technique par le constructeur :

- **la bande passante** : c'est le domaine de fréquences des sons qu'il est capable de restituer. La bande passante se déduit de la courbe de réponse du haut-parleur.
- **la couverture angulaire** : c'est son aptitude à diffuser des sons dans le plan horizontal et le plan vertical.
- **la puissance admissible** : c'est la puissance électrique maximale qu'il peut supporter.
- **le rendement** : il représente sa faculté à transformer la puissance électrique du signal en puissance mécanique.

Les enceintes acoustiques sont constituées de plusieurs haut-parleurs, chacun permettant de la restitution d'une plage de fréquences. Le diamètre du haut-parleur est inversement proportionnel à la fréquence qu'il émet.



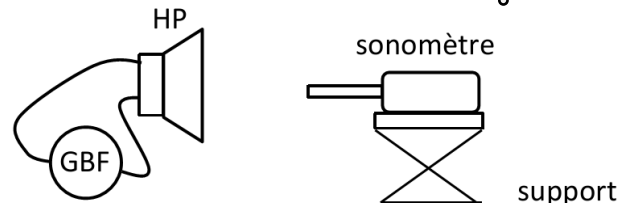
Haut-parleur des aigus :
tweeter
Haut-parleur des médiums :
medium
Haut-parleur des graves :
woofer ou boomer

▲ Courbe de réponse et bande passante

Réa, Val

Expérience

À l'aide d'un sonomètre, on mesure le niveau d'intensité sonore L (en dB) d'un son en fonction de sa fréquence f (en Hz). La même expérience est réalisée avec un boomer et un médium.



Résultats expérimentaux

Fréquence f (Hz)		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
L (dB)	boomer	94	94	95	97	98	100	101	99	99	98
	medium	90	93	93	95	96	97	98	99	99	100
Fréquence f (Hz)		2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	
L (dB)	boomer	89	90	90	80	75	74	74	66	63	
	medium	99	100	98	91	96	96	91	85	83	

Exploitation des mesures

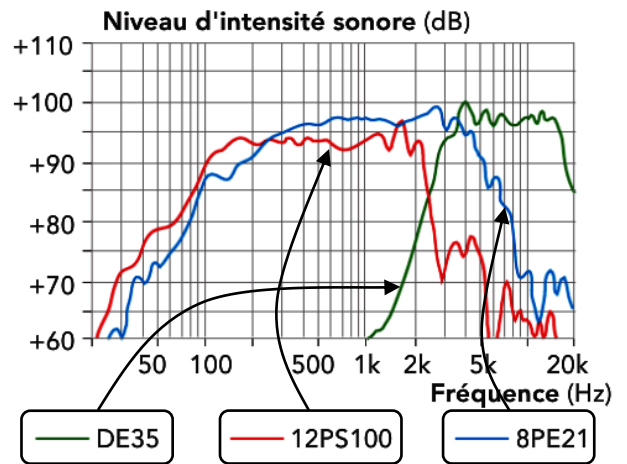
6. Tracer la courbe de réponse du haut-parleur, c'est-à-dire le niveau d'intensité sonore L en fonction de la fréquence f sur un graphe semi-logarithmique en reliant les points.
7. Décrire sommairement la courbe obtenue correspondant à chaque haut-parleur.

La bande passante d'un haut-parleur est le **domaine de fréquence** pour lequel le niveau d'intensité sonore est situé **au-dessus d'un niveau de référence**.

8. Déterminer la bande passante du haut-parleur étudié en prenant comme niveau d'intensité sonore de référence la valeur 90 dB.

Les graphes ci-contre sont les courbes de réponse en fréquence de trois haut-parleurs :

9. Les haut-parleurs de référence DE35, 12PS100 et 8PE21 sont-ils des boomers, des médiums ou des tweeters ?
10. Pourquoi la bande passante d'un haut-parleur ne peut-elle être définie par une valeur unique de niveau d'intensité sonore ?



Doc. 3 : Courbe de réponse de trois haut-parleurs.

La couverture angulaire : résolution de problèmes scientifiques

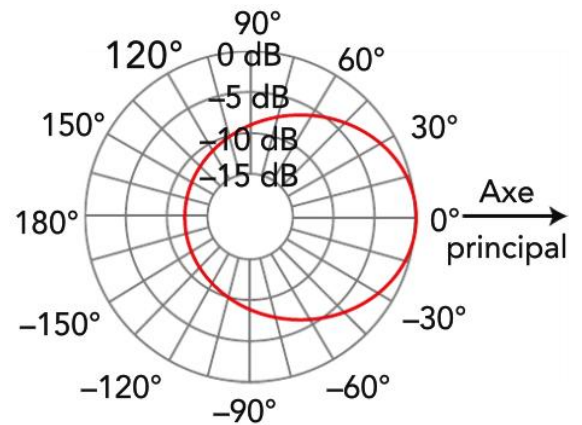
App, Ana, Réa, Val

Énoncé :

On considère un haut-parleur émettant une onde sonore qui se propage librement. Le niveau d'intensité sonore mesuré à 1 m du haut-parleur, sur son axe principal, est $L_1 = 110$ dB.

Le diagramme d'émission du haut-parleur est reproduit ci-contre. On le suppose utilisable pour toutes les fréquences audibles. En un lieu donné, le niveau d'intensité sonore du son émis par le haut-parleur dépend de la distance entre ce lieu et le haut-parleur mais aussi de la direction sous laquelle ce lieu est vu depuis le haut-parleur. Cette direction est repérée par un angle exprimé en degré. Pour une distance donnée, ce diagramme permet de connaître la perte relative du niveau d'intensité sonore en fonction de l'angle par rapport à l'axe principal du haut-parleur.

Le niveau d'intensité sonore mesuré sur l'axe principal ($\theta = 0^\circ$) constitue la valeur de référence (perte nulle).



Doc. 4 : Diagramme d'émission d'un haut-parleur.

Données :

- Intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
- L'intensité sonore I à une distance d d'une source émettant dans toutes les directions est liée à la puissance sonore P de cette source par la relation : $I = P / S$ avec S , la surface de la sphère sonore de rayon d : $S = 4\pi \cdot d^2$.

Problème 1 : Quel est le niveau d'intensité sonore mesuré à 50 m du haut-parleur dans une direction faisant un angle de 60° avec l'axe principal du haut-parleur ?

Problème 2 : Montrer que le niveau d'intensité sonore diminue de **6 dB** à chaque fois que la distance entre le haut-parleur et le sonomètre, qui mesure le niveau d'intensité sonore, double.