

Exercice 1 – Modes propres de vibration d’une corde

Une corde en acier est tendue entre deux points fixes distants de 1,40 m. Elle est excitée sinusoïdalement par une force magnétique. La corde est tendue avec une force de tension $T = 245 \text{ N}$.

La célérité v d’une onde se propageant le long d’une corde de masse linéique μ et soumise à une tension T est donnée par la relation :

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Lorsque la fréquence de la force est de 440 Hz, la corde se met à vibrer fortement. On observe alors la formation de trois fuseaux.

1. Préciser le mode de vibration de la corde.
2. Calculer la fréquence du fondamental et des trois premiers harmoniques.

3. Calculer la distance entre deux nœuds.

La corde est maintenant pincée en son milieu, est abandonnée à ses oscillations libres. Un son est émis.

4. La vibration sonore est-elle sinusoïdale ?
5. La fréquence du son émis est celle de l’un des modes propres de la corde. Lequel ?
6. Montrer par analyse dimensionnelle que la quantité :

$$\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

est bien homogène à une vitesse.

Donnée : l’unité de force, le newton (symbole N), correspond en mécanique au kilogramme mètre par seconde :

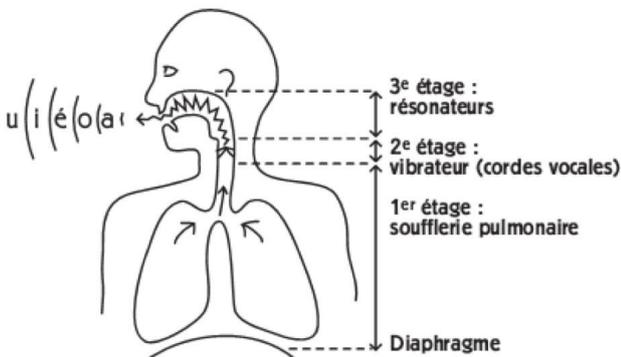
$$\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Exercice 2 – Synthèse : microphone et haut-parleur

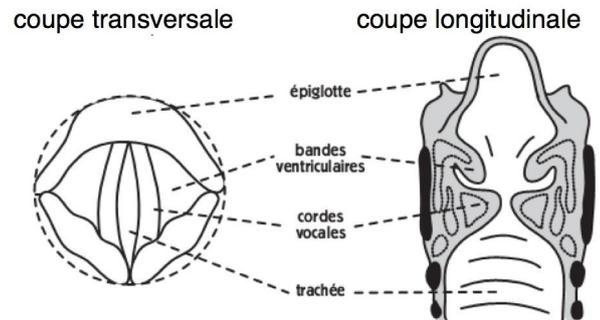
Document 1 – Comment naît la voix ?

« La formation de la voix est déterminée par le jeu de plusieurs structures.

L'appareil respiratoire producteur de souffle. Le souffle sera maîtrisé différemment pour l’émission de la voix.



Le vibreur laryngé producteur du son de la voix. L’indispensable passage du souffle entre les deux cordes vocales, rapprochées de façon adéquate, les fait vibrer. C’est l’origine du son de la voix. Les deux cordes (plis vocaux) sont placées horizontalement dans le larynx (à hauteur de la pomme d’Adam).



Les espaces d’amplification et de résonance Ces espaces, ou cavités (gorge, nez, bouche), changent de volume et de forme grâce au jeu des muscles du voile du palais, de la langue, des lèvres... Ainsi, peuvent se modifier les qualités de la voix ».

Extrait du site du bureau international d’audio-phonologie (biap.org/images/divers/voix.pdf).

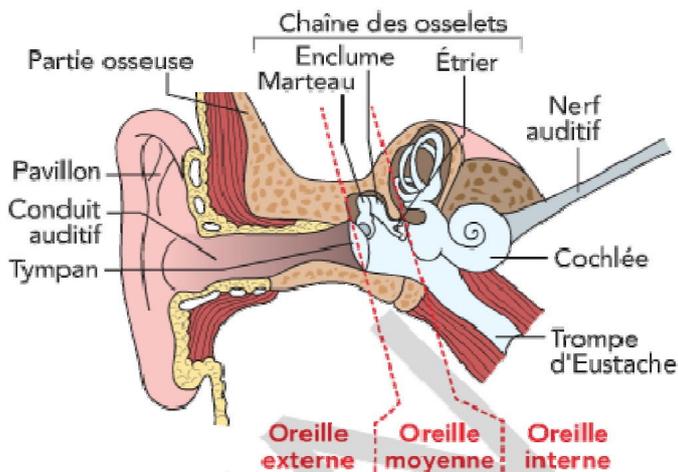
Document 2 – Acoustique physiologique

L’oreille comporte trois parties.

L’oreille externe est la seule partie en communication directe avec l’extérieur. Elle est composée d’un pavillon et d’un conduit auditif. C’est une simple structure de transmission des sons vers le tympan.

L’oreille moyenne tient le rôle de protection et de transmission mécanique. Les vibrations du tympan sont transmises au marteau, à l’enclume et à l’étrier.

L'oreille interne est la partie la plus fragile de l'oreille. Elle est constituée de quelques milliers de cellules ciliées situées dans la cochlée qui convertissent les vibrations mécaniques en signaux électriques. C'est notre capital auditif.



D'après ecoute-ton-oreille.com.

Document 3 – Principe d'un microphone

Un microphone électrodynamique est constitué de deux éléments principaux : une bobine (formée à partir d'un enroulement d'un fil conducteur) et un aimant. La bobine est mobile, elle est placée dans le champ magnétique créée par l'aimant qui lui est fixe.

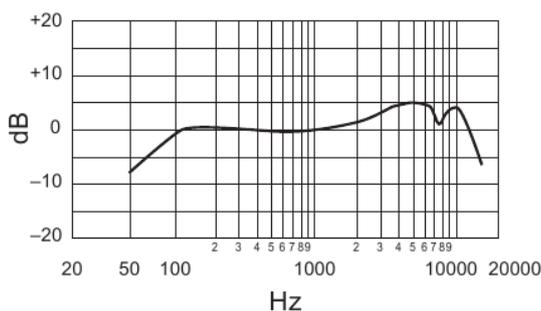
Une membrane souple, solidaire de la bobine capte les vibrations de l'air engendrées par une onde sonore. Les déplacements de la bobine, provoqués par ceux de la membrane, dans le champ magnétique de l'aimant créent une tension électrique u aux bornes de la bobine.

C'est le phénomène d'induction électromagnétique.

La fréquence de la tension électrique obtenue est égale à celle des vibrations de l'air, donc à celle du son correspondant à ces vibrations. L'amplitude de cette tension est d'autant plus grande que le niveau d'intensité sonore est grand.

Document 4 – Caractéristiques techniques d'un microphone

Les caractéristiques d'un microphone sont indiquées sur la fiche technique du constructeur.



Bande passante La bande passante est le domaine de fréquences que le micro capte convenablement. Elle se déduit de la courbe de réponse du microphone. Cette courbe est la représentation graphique du niveau de sortie, exprimé en dB, en fonction de la fréquence du son qu'il capte. Par convention, on affecte le niveau 0 dB à la valeur obtenue pour 1000 Hz.

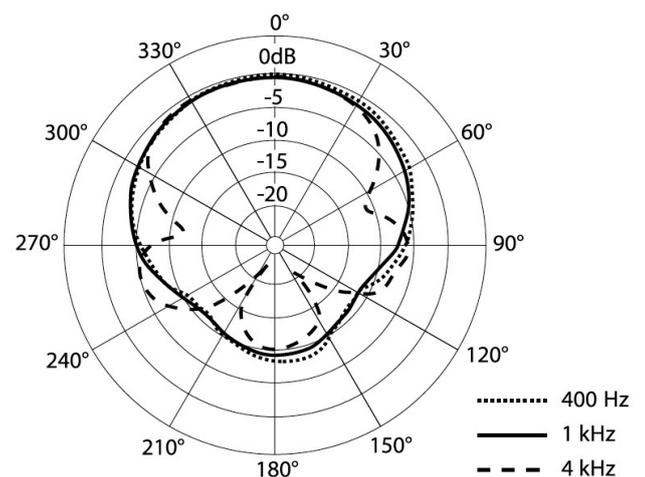
Sensibilité La sensibilité est son aptitude à fournir une tension élevée pour des sons de faible niveau d'intensité sonore. Un microphone de grande sensibilité captera bien les sons peu intenses, mais sera sensible aux parasites sonores.

Directivité La directivité est une caractéristique essentielle du microphone, elle caractérise sa sensibilité en fonction de la provenance du son, selon son axe central.



Super - Cardioïde

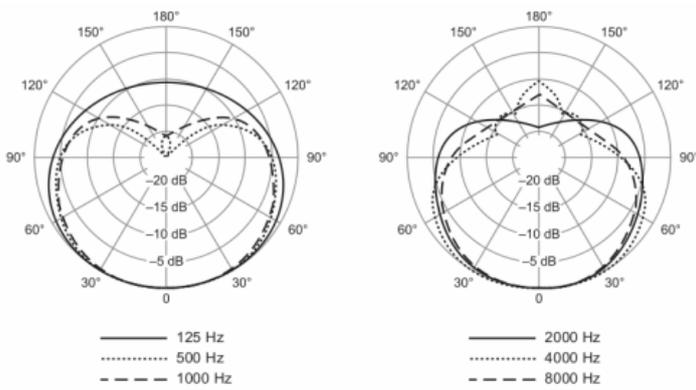
Un micro omnidirectionnel capte les sons provenant de toutes les directions ; un microphone directif capte les sons provenant d'une seule direction.



L'axe du microphone est l'axe défini par l'angle $\theta = 0^\circ$, la membrane pointant vers la graduation 0° . On déplace la source sonore le long d'un cercle centré sur le microphone. On compare la réponse du microphone pour une position θ à celle obtenue lorsque la position de la source est repérée par $\theta = 0^\circ$. Cela permet de calculer un niveau de réponse, exprimé en dB. Une valeur négative traduit un microphone qui capte moins bien les sons dans la direction θ que dans la direction de référence.

Document 6 – Caractéristiques techniques d'un haut-parleur

Les caractéristiques d'un haut-parleur sont indiquées sur la fiche technique du constructeur.



Par exemple, le Shure SM58 (ci-dessus) n'est pas omnidirectionnel pour des sons de fréquences 125, 2000 ou 8000 Hz. Cependant, il capte mieux les sons de 125 Hz en arrière de lui (de 150° à 180°) que les sons de 2000 Hz.

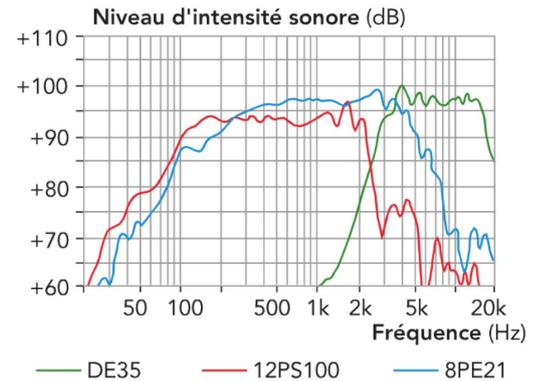
Bande passante La bande passante d'un haut-parleur est le domaine de fréquences des sons qu'il est capable de restituer. La bande passante se déduit de la courbe de réponse du haut-parleur. Cette courbe est la représentation graphique du niveau d'intensité sonore obtenu, exprimé en dB, en fonction de la fréquence de la tension qui l'alimente, exprimée en Hz.

Document 5 – Principe d'un haut-parleur

« Le haut-parleur le plus largement utilisé (à 99 %) est le haut-parleur électrodynamique. Sa fonction dans une enceinte est d'agir comme un double transformateur d'énergie :

- Premièrement, il reçoit le signal audio, qui est une énergie électrique, qu'il va transformer en une énergie mécanique. En effet, certaines parties du haut-parleur (la bobine mobile) vont se mettre en mouvement lorsqu'un signal audio est reçu.
- Deuxièmement, il transforme cette énergie mécanique en une énergie acoustique, grâce à sa membrane. Celle-ci est reliée à la bobine mobile, et aura donc les mêmes mouvements que cette dernière. Et c'est en se déplaçant sous l'action de la bobine mobile que la membrane créera une pression acoustique, qui n'est autre chose que le son produit. »

©enceinte.net



Couverture angulaire La couverture angulaire d'un haut-parleur est son aptitude à diffuser des sons dans le plan horizontal et dans le plan vertical.

Puissance admissible La puissance admissible d'un haut-parleur est la puissance électrique maximale qu'il peut supporter sans dégâts. Au-delà de cette valeur, le haut-parleur sera endommagé.

Rendement Le rendement η d'un haut-parleur mesure sa faculté à transformer la puissance électrique reçue en puissance mécanique. C'est le rapport de la puissance électrique consommée \mathcal{P}_e sur la puissance acoustique créée \mathcal{P}_a :

$$\eta = \frac{\mathcal{P}_e}{\mathcal{P}_a}$$

Document 7 – Différents types de haut-parleur

Un boomer (ou woofer) est un haut-parleur dont la bande passante est située dans les basses fréquences. Il restitue essentiellement les sons graves. Un médium restitue les sons de fréquences moyennes. Un tweeter restitue les sons aigus.

	Constructeur : AURA SOUND Référence : NS12-513-4A Diamètre : 30,5 cm Plage de fréquence optimale : 23 Hz à 3 kHz Site du constructeur : www.aurasound.com
	Constructeur : DAVIS ACOUSTICS Référence : 13 MRP Diamètre : 13 cm Plage de fréquence optimale : 100 Hz à 10 kHz Site du constructeur : www.davis-acoustics.com
	Constructeur : CIARE Référence : HT 200 Diamètre : 20 mm Plage de fréquence optimale : 1 kHz à 20 kHz Site du constructeur : www.ciare.com

Questions

Synthèse de dix lignes par réponse, schémas ou formules bienvenus.

1. En vous appuyant sur les documents, comparer les rôles d'un microphone et d'un haut-parleur à ceux de l'appareil vocal et de l'oreille humaine.
2. Pourquoi le choix d'un microphone est-il notamment guidé par sa bande passante ? Quels autres critères faut-il prendre en considération ?
3. Comparer le principe de fonctionnement d'un microphone et d'un haut-parleur en précisant les éléments constitutifs communs et en identifiant les transferts d'énergie qui ont lieu.

Vibration d'une corde

.../9

- Trois fuseaux donc mode trois
- $f_1 = f_3/3 = 147$ Hz
- $f_2 = 2f_1 = 294$ Hz et $f_3 = 440$ Hz
- $L/3 = 47$ cm
- Non, vibration non sinusoïdale (seul^{mt} diapason)
- Fréquence du son = mode fondamental
- Donc 147 Hz
- μ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
- $\left(\frac{\text{N}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}}\right)^{\frac{1}{2}} = (\text{s}^2)^{\frac{1}{2}} = \text{s}$

Micro et haut-parleur

.../11

- Haut-parleur \leftrightarrow appareil vocal = émission d'un son
- Vibreurs : bobine \leftrightarrow cordes vocales
- Résonateurs : membrane \leftrightarrow gorge, nez, bouche
- Microphone \leftrightarrow appareil auditif = capter un son
- Vibreurs : membrane \leftrightarrow pavillon
- Résonateurs : bobine \leftrightarrow oreille moyenne
- Bande passante : capter toutes les fréquences
- Autres critères : sensibilité et directivité
- Communs : membrane et bobine
- Transducteur acousto-électrique électro-acoustique
- Énergie électrique \leftrightarrow énergie acoustique

Note

.../20

Vibration d'une corde

.../9

- Trois fuseaux donc mode trois
- $f_1 = f_3/3 = 147$ Hz
- $f_2 = 2f_1 = 294$ Hz et $f_3 = 440$ Hz
- $L/3 = 47$ cm
- Non, vibration non sinusoïdale (seul^{mt} diapason)
- Fréquence du son = mode fondamental
- Donc 147 Hz
- μ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
- $\left(\frac{\text{N}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}}\right)^{\frac{1}{2}} = (\text{s}^2)^{\frac{1}{2}} = \text{s}$

Micro et haut-parleur

.../11

- Haut-parleur \leftrightarrow appareil vocal = émission d'un son
- Vibreurs : bobine \leftrightarrow cordes vocales
- Résonateurs : membrane \leftrightarrow gorge, nez, bouche
- Microphone \leftrightarrow appareil auditif = capter un son
- Vibreurs : membrane \leftrightarrow pavillon
- Résonateurs : bobine \leftrightarrow oreille moyenne
- Bande passante : capter toutes les fréquences
- Autres critères : sensibilité et directivité
- Communs : membrane et bobine
- Transducteur acousto-électrique électro-acoustique
- Énergie électrique \leftrightarrow énergie acoustique

Note

.../20