

Mots-clefs « Reconnaissance vocale », « Acoustique physiologique » et « Casque audio ».

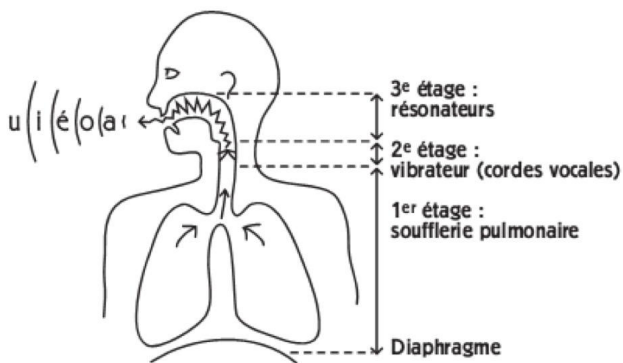
## 1 Activité documentaire : la reconnaissance vocale (45 minutes)

### Document 1 – Comment naît la voix ?

Extrait du site du bureau international d'audiophonologie (biap.org/images/divers/voix.pdf) :

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

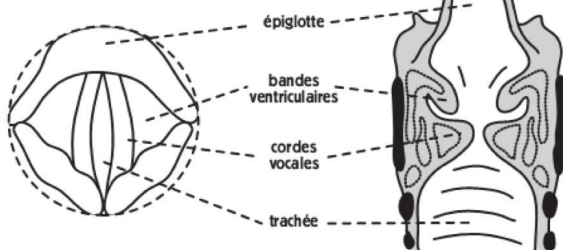
**L'appareil respiratoire** producteur de souffle. Le souffle sera maîtrisé différemment pour l'émission de la voix.



**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).

coupe transversale

coupe longitudinale



### 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 ».

### Document 2 – Acoustique physiologique

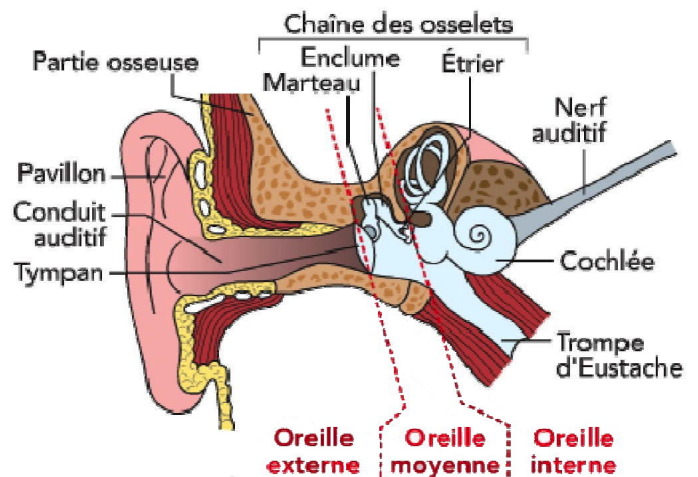
D'après ecoute-ton-oreille.com.

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.

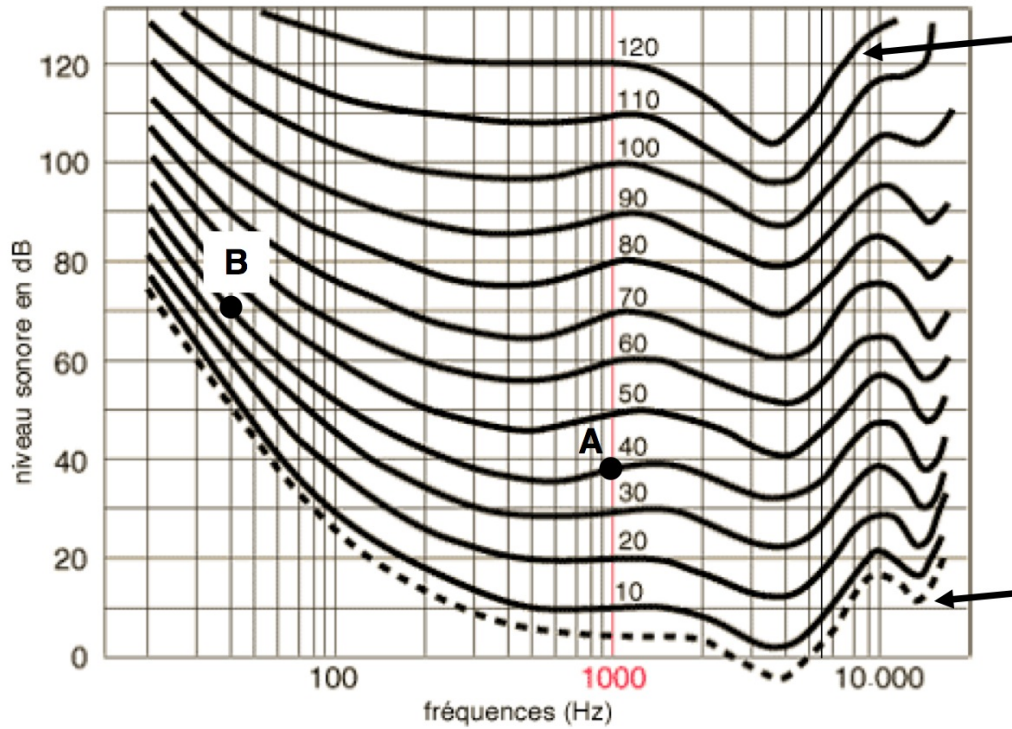
**L'oreille interne** est la partie la plus fragile de l'oreille. Elle est constituée de quelques milliers de cellules ciliées situées dans la cochlée qui convertissent les vibrations mécaniques en signaux électriques. C'est notre capital auditif.



### Document 3 – Sensibilité de l'oreille

L'oreille perçoit convenablement les sons dont le niveau d'intensité sonore est compris entre le seuil d'audibilité et le seuil de douleur.

### Courbes de sensibilité de l'oreille en fonction du niveau et de la fréquence



#### a. Compléter : seuil de douleur et seuil d'audibilité.

Sa sensibilité varie en fonction de la fréquence. Cela peut être représenté par une série de courbes (diagramme de Fletcher et Munson) dites d'égalité de sensation auditive. Ces courbes montrent, par exemple, qu'un son de 1000 Hz dont le niveau d'intensité sonore est de 40 dB (point A) donne la même sensation d'intensité qu'un son de 30 Hz de 70 dB (point B).

Par ailleurs, la sensibilité diminue avec l'âge, ce qui conduit à des pertes auditives.

#### Document 4 – Les dangers du bruit

D'après nosoreilles-onytient.org.

Les sons deviennent nocifs lorsque leur intensité dépasse les possibilités de réception de l'oreille. Le niveau d'intensité sonore est exprimé en décibel (dB). L'échelle va de 0 à 120 dB, mais certaines sources (avion, fusée, canon) émettent des sons d'un niveau supérieur. La réglementation limite à 100 dB le niveau de sortie des baladeurs et à 105 dB celui dans les lieux musicaux. La limite de nocivité est située à 85-90 dB. Après exposition prolongée à un niveau proche de 100 dB, par exemple, après une soirée en discothèque, on constate divers états auditifs que l'on peut classer par gravité croissante :

- aucun phénomène auditif particulier, c'est le cas le plus fréquent, mais à coup sûr, quelques cellules ont été fragilisées.
- phénomènes temporaires tels que des bourdonnements ou des sifflements (acouphènes) ;

- phénomènes de type acouphènes persistants et irréversibles, baisse sensible de l'audition.

#### Document 5 – Niveau sonore

Le niveau sonore, noté  $L$  et exprimé en décibel (dB), s'exprime en fonction de l'intensité sonore, notée  $I$ , en watt par mètre carré ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ) :

$$L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

où  $I_0$  est l'intensité sonore de référence,  $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  à une fréquence de 1000 Hz.

Le niveau sonore est mesuré par un sonomètre. Voici quelques niveaux sonores typiques :

Niveaux sonores de quelques sources usuelles	
Nature du son	Niveau sonore $L$ (dB <sub>A</sub> )
Pièce calme	40
Conversation normale	50
Aspirateur	60
Rue animée	70
Station d'un train	80
Discothèque	90
iPod	100
Marteau-piqueur	110
Réacteur à 10 m	120

b. Quelles sont les trois parties du corps qui interviennent dans la voix ?

c. Créer une chaîne illustrant les principales étapes de la production de son par la voix. Puis représenter une chaîne illustrant la perception d'un son par l'oreille.

d. À l'aide du diagramme de Fletcher et Munson, compléter la phrase « un son de 3000 Hz dont le niveau d'intensité sonore est de 80 dB donne la même sensation d'intensité qu'un son de ..... Hz de ..... dB.

e. Comparer les niveaux d'intensité sonore permis par la réglementation avec les limites de nocivité et le seuil de douleur. Quel autre paramètre est aussi à prendre en compte pour évaluer la nocivité du son ?

## 2 Activité expérimentale : bande passante d'un casque audio (1 h)

Réaliser une expérience permettant de vérifier que votre mp3 respecte la législation concernant le niveau sonore (document 4 précédent). Présenter le protocole expérimental et les conclusions.

### Document 6 – Bande passante d'un casque

La qualité d'un casque audio peut en partie être évaluée par sa courbe de réponse en fréquence, reproduite en fin d'énoncé. Chez vous, vous pourrez comparer différentes courbes de réponse de casques sur le site :

<http://www.headphone.com/learning-center/build-a-graph.php>

Exemple : Le casque Denon AH-D7000 vendu environ 1300 euros. On peut lire l'avis d'un consommateur sur internet : « casque de grande qualité d'écoute, paraît très solide, beau, j'entends des instruments et des chœurs, que je n'entendais pas avec mon casque précédent. Je suis enchantée, le seul regret que j'ai, est d'avoir hésité si longtemps (peut-être à cause du prix). »

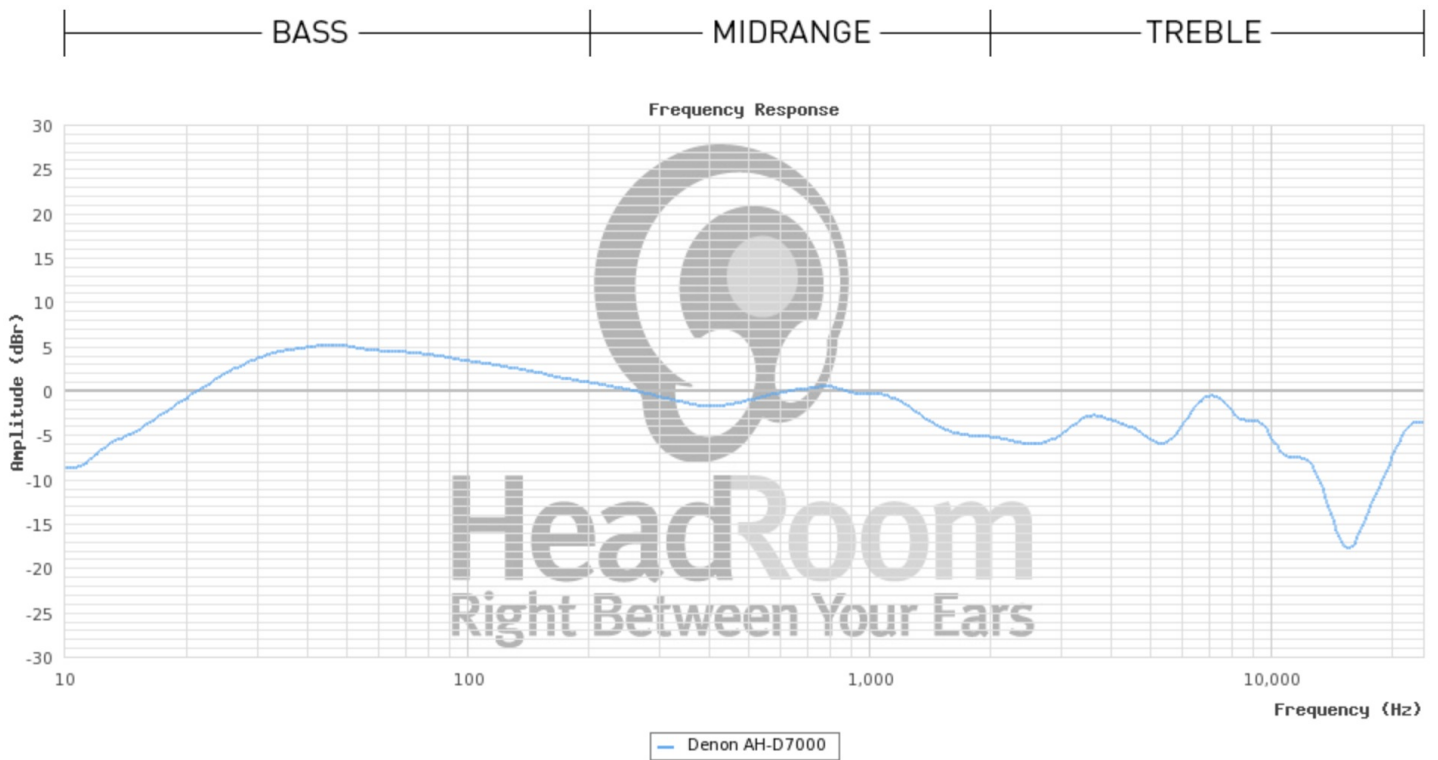
Afin d'obtenir une telle courbe, il suffit d'alimenter le casque avec un GBF fournissant une tension sinusoïdale d'amplitude constante puis de mesurer le niveau sonore pour différentes fréquences. On obtient l'amplitude notée dBr à l'aide de la formule suivante :

$$\text{dBr} = 100 \cdot \log \frac{L}{L_{1000}}$$

où  $L$  est le niveau sonore mesuré et  $L_{1000}$  est la valeur du niveau sonore mesuré pour une fréquence de 1000 Hz.

f. Réaliser le protocole expérimental nécessaire à l'obtention de la courbe de réponse de votre casque. Décrire le dispositif expérimental.

g. En comparant la courbe de réponse de votre casque avec celle du Denon AH-D7000, indiquer dans quel domaine de fréquences ce dernier est-il plus performant que le votre ? Justifier.



### 3 Correction de la séance n° 1

- d. Il est nécessaire de choisir un type de microphone en fonction de son utilisation ; la bande passante d'un microphone détermine l'amplitude qu'il va délivrer en fonction de la fréquence du son capté. Dans le cas idéal l'amplitude captée est constante quelque soit la fréquence. Dans le cas réel, la voix d'un ténor ou celle d'une soprano ne peut être captée avec le même microphone de façon parfaitement fidèle.
- e. Le microphone correspond à l'oreille ; le haut-parleur correspond à l'appareil vocal.
- f. Pour chaque système, on retrouve une bobine plongée dans le champ magnétique d'un aimant permanent, bobine liée à une membrane.  
Le haut-parleur va convertir une énergie électrique en énergie magnétique par la bobine, puis en énergie mécanique par le mouvement de cette bobine et de la membrane associée, et finalement en énergie acoustique (le son) par transmission du mouvement de la membrane aux molécules constituant l'air.  
Le microphone est l'exact inverse.
- g. Le sens de la force de Laplace dépend du sens du courant dans la bobine et du sens de présentation de l'aimant (pôle Nord ou pôle Sud).
- h. Éclairer la membrane du HP avec un stroboscope, en baissant la fréquence des éclairs de la fréquence maximale jusqu'à la fréquence  $f_e$  permettant d'obtenir l'immobilité apparente de la membrane. La fréquence  $f_e$  est alors égale à la fréquence du courant alternatif sinusoïdal délivré par le GBF.
- i. Transducteur : dispositif qui permet de transformer une forme d'énergie en une autre.
- j. Tel que vu à la question (f), le HP transforme de l'énergie électrique en énergie acoustique ; Son rôle de transducteur électroacoustique est donc ainsi bien justifié.
- k. Il faut un mouvement de l'aimant par rapport à la bobine (ou l'inverse).
- l. Le signe dépend du sens d'introduction de l'aimant. L'amplitude dépend de la vitesse d'introduction de l'aimant.
- m. Les deux fréquences sont égales. Pour le montrer expérimentalement, il faut mesurer la période du signal sous Latis Pro, et comparer avec la période d'oscillation de l'aimant.
- n. L'ensemble bobine + aimant + fils de connexion.
- o. Pour le microphone, on inverse l'explication du HP de la question (j) : il s'agit bien d'un transducteur acoustoélectrique.
- p. Même question que la question (f).
- q. En théorie, oui ; En pratique, nous sommes confrontés à un problème d'inertie de « l'équipage mobile » bobine + membrane, qui nécessite en raison de sa trop grande masse dans un haut-parleur un son énorme pour provoquer sa mise en mouvement.
- r. Brancher un HP sur Latis Pro, et émettre au diapason un son (voué à l'échec!).

## 4 Correction des exercices de la séance n° 1

### 1.1 Vrai-faux

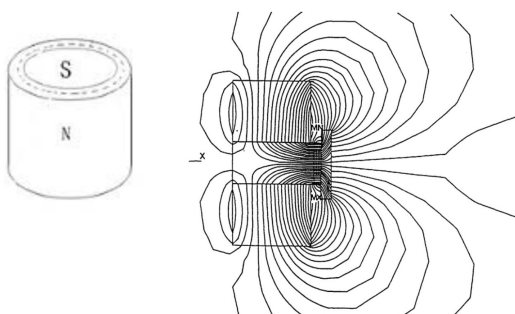
1. Vrai.
2. Faux (puissance acoustique supérieure).
3. Vrai.
4. Faux : HP, moteurs, alternateurs, etc.

### 1.2 Questions ouvertes

1. Puissance électrique consommée, puissance acoustique émise.
2. Ils convertissent un signal électrique en signal sonore, et vice-versa.

### 1.3 Rôle de l'aimant

1. Créer une force de Lapalce pour provoquer un déplacement de la bobine.
2. Créer un déplacement d'électrons (de boucles de courants) et donc un courant dans la bobine.
3. Aimant radial :



### 1.4 N° 3 p. 83 – Utiliser un microphone

1. Un PAD est un système de réduction de l'intensité sonore.

- 2.a. La direction est gérée à l'aide du bouton Polar Pattern, le filtrage par les deux autres boutons. Il s'agit de bien capter les sons face à chaque acteur ( $0^\circ$  et  $180^\circ$  pour un microphone placé entre eux) et d'éliminer les sons de fréquence 80 Hz dans toutes les directions.

Réglages :

- Polar Pattern : figure 8 ;
- High-Pass Filter : sur 80 Hz ou 100 Hz ;
- PAD : 0 (aucune atténuation sur l'ensemble des fréquences n'est nécessaire).

- 2.b. Il s'agit de diminuer le niveau sonore dans toute la gamme de fréquences et dans toutes les directions.

Réglages :

- Polar Pattern : Omni ;
- High-Pass Filter : mini 20 Hz ;

- PAD :  $-5$  dB ou  $-10$  dB.

- 2.c. Il s'agit de capter les sons émis par l'actrice en face d'elle (entre  $90^\circ$  et  $270^\circ$  environ).

Réglages :

- Polar Pattern : Cardioïd ;
- High-Pass Filter : mini 20 Hz pour que les paroles restent audibles, réglage provoquant le moins de filtrage ;
- PAD : 0 (aucune atténuation sur l'ensemble des fréquences n'est nécessaire).

### 1.5 L'effet Larsen

1. L'effet Larsen entraîne une amplification progressive et auto-entretenue du son capté par le microphone, et donc du son produit par le haut-parleur et qui revient sur le microphone. Cela augmente l'amplitude des vibrations de la membrane du haut-parleur au-delà des valeurs prévues par le constructeur. La membrane peut donc finir par se déchirer si l'amplitude des vibrations devient trop importante.
2. Le microphone est à 4 m de l'enceinte. Le niveau du son est de 85 dB à 1 m du micro, donc à 3 m de l'enceinte. Le niveau sonore revenant sur le micro vaut :

$$L_2 = L_1 + 20 \cdot \log \left( \frac{d_1}{d_2} \right)$$

$$L_2 = 85 + 20 \times \log \frac{3}{4} = 82,5 \text{ dB}$$

Il y a donc effet Larsen, car le niveau sonore provenant de l'enceinte (82,5 dB) est supérieur à celui fourni par le chanteur (70 dB). L'amplification dans la boucle vaut 12,5 dB.

3. D'après le document 1, la direction du son provenant de l'enceinte est à  $90^\circ$  par rapport à la direction du micro.

D'après le diagramme (document 3), ce son est capté par le micro avec une atténuation de 5 dB. Le son capté par le micro est donc de  $82,5 - 5 = 77,5$  dB, ce qui reste supérieur à 70 dB : le risque d'effet Larsen n'est donc pas évité.

Pour que l'effet Larsen soit évité, l'enceinte devrait être placée avec un angle compris entre environ  $135^\circ$  et  $225^\circ$  par rapport au micro pour que l'atténuation soit supérieure ou égale à 12,5 dB.

En conclusion, l'effet Larsen peut endommager les membranes des enceintes, mais c'est également un supplice pour les oreilles. Pour épargner le matériel et les spectateurs, quelques dispositions simples limitent le risque d'effet Larsen :

- Utiliser de préférence des microphones directionnels, afin qu'ils ne captent que le son produit par les chanteurs et les instruments, et pas leur propre son déjà amplifié par les enceintes ;
- Agir à la console, en identifiant la fréquence à laquelle se produit le Larsen et en l'atténuant rapidement ;
- Utiliser des enceintes directives et jouer sur leur

orientation pour éviter qu'elles émettent des sons vers les microphones ;

- Si un effet Larsen se produit quand même, le chanteur ou le musicien peuvent le stopper en déplaçant légèrement le micro par rapport aux enceintes, évitant ainsi que des signaux arrivent en phase au micro.

## 5 Exercices (pour la séance n° 3)

**2.1** n° 1 p. 80 – Nuisance

**2.2** n° 2 p. 82 – Surfeur

**2.3** n° 7 p. 86 – Remplacement