

# Séance de Spécialité n° 8

## Acquisition d'un son

Mots-clefs « reconnaissance vocale », « voix » et « microphone ».

### 1 Activité documentaire : la reconnaissance vocale (40 minutes)

Identifier une personne par sa voix est une tâche complexe. La voix dépend de nombreux paramètres physiologiques. En outre, elle peut être imitée ou volontairement déformée. Cependant, l'expérience montre que la voix d'un proche ou d'une personne publique peut être reconnue et de plus en plus de machines utilisent la reconnaissance vocale.

#### Document 1 – Description de la voix



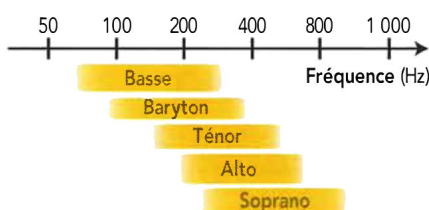
La voix peut-être caractérisée par quatre paramètres principaux :

**La hauteur** C'est la sensation auditive liée à la fréquence des vibrations des cordes vocales (son grave, son aigu). L'unité de mesure est le hertz (Hz).

**L'intensité** C'est la sensation auditive liée à l'amplitude des vibrations des cordes vocales (son fort, son faible). L'unité de mesure est le décibel (dB).

**Le timbre** C'est la sensation auditive liée aux harmoniques présents dans le son (son « sombre », son « clair »).

**La tenue** C'est la sensation auditive liée à la durée des vibrations des cordes vocales (son long, son court).



Le **registre** d'une voix est l'étendue de son échelle vocale, de la note la plus grave à la note la plus aiguë.

#### Document 2 – Les phonèmes

L'une des étapes de la reconnaissance vocale est le repérage des *phonèmes*. La voix peut être décomposée en une suite de sons distinctifs appelés phonèmes. Par exemple, les mots « lait » et « loup » diffèrent par un phonème respectivement repéré, en alphabet phonique, par [ɛ] et [u].

##### Les dix-sept consonnes

API	Mots écrits
b	bal, robe
s	souris, pièce
k	carpe, kiwi, qui
d	date
f	face, phare
g	gare, bague
ʒ	journal, gorge
l	la, alors
m	maman
n	non
ɲ	gnôle, agneau
p	petit
r	rare
t	tordu
v	voir, wagon
z	zèbre, oser
ʃ	chat, short

##### Les douze voyelles orales

API	Mots écrits
a	patte, papa
ɑ	pâte, tas
e	fenêtre
ø	jeu, feu
œ	fleur
ɛ	été, nez
ɛ̃	mer, j'aimais
o	sot, seau, sceau, saut
ɔ	porte, port, or, mort
i	filles, ami
u	coup, août
y	nu, j'ai eu

La transcription phonétique en API (Alphabet Phonétique International) consiste ainsi à découper la parole en segments sonores supposés *atomiques*, et à employer un symbole unique pour chacun de ceux-ci, en évitant les multigrammes (combinaisons de lettres, comme le son ch du français). Le nombre de caractères principaux de l'API est de 118, ce qui permet de couvrir les sons les plus fréquents. Ces caractères sont pour la plupart des lettres grecques ou latines ou des modifications de celles-ci. Les sons moins fréquents sont transcrits à partir des précédents en indiquant une modification du mode ou du point d'articulation par le biais d'un ou plusieurs signes diacritiques (au nombre de 76) sur le caractère principal. On obtient ainsi une transcription indépendante de la langue.

### Les quatre voyelles nasales

API	Mots écrits
ã	rang, avant
ɛ̃	rein, brin, pain
ɔ̃	bon, ton
œ̃	brun, un

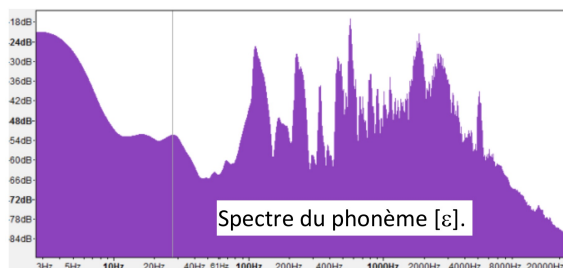
### Les trois semi-consonnes (ou semi-voyelles)

API	Mots écrits
j	yeux ail
w	fouet (/fwɛ/), voir (/vwɑ̃/)
ɥ	fuite (/fujit/), lui (/lɥi/)

Les tableaux ci-joints reproduisent un sous-ensemble de l'API relatif à 36 phonèmes du français accompagné d'exemples de mots écrits. Dans sa version la plus courante le français ne compte que 32 phonèmes, car de nombreux locuteurs francophones ne font pas les distinctions entre la deuxième et la quatrième voyelles nasales, les deux premières voyelles orales, la troisième et quatrième voyelles orales, et entre la onzième consonne et le nj (un n « mouillé »).

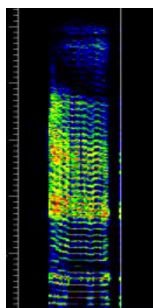
## Document 3 – Spectre d'un phonème

Le spectre d'un son correspondant à un phonème fait apparaître plusieurs pics, appelés formants. Ils sont dus à des phénomènes de résonance à l'intérieur du conduit vocal ; leur fréquence dépend de la position des divers organes mis en jeu dans la voix (langues, lèvres, etc.). Les formants sont caractéristiques du phonème prononcé. Les analyses spectrales montrent que quatre à cinq formants importants sont présents dans tous les spectres de voix.

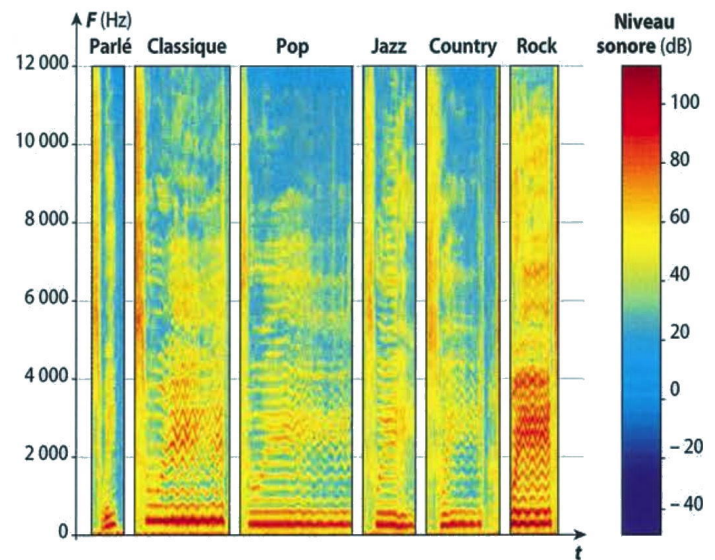


## Document 4 – Spectrogramme

Un spectrogramme est la représentation visuelle d'un son, comme par exemple le phonème [ɛ] ci-contre. Il représente la fréquence en fonction du temps et l'intensité sonore associée à chaque fréquence est représentée par un code couleur. Sur un spectrogramme, les formants sont repérés par des zones nettement colorées.



Le nombre d'organes qui interviennent dans la voix varie selon le type de signal émis : parole, cri ou chant. Les organes les plus mobilisés sont le larynx et ses deux cordes vocales, la gorge, le nez, la langue, la bouche et les lèvres. Le spectre des fréquences de la parole dépasse rarement quatre octaves et s'étend entre 300 Hz et 8 kHz. Certains types de chants atteignent des fréquences de 10 000 Hz. Voici un spectrogramme présentant l'analyse du mot « sweet » parlé et chanté dans différents styles.

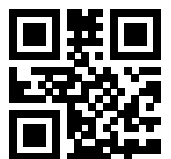


Voici maintenant un spectrogramme enregistré pour un locuteur prononçant : « les enfants ». L'intensité acoustique est indiquée par des zones plus ou moins noircies (et pas par les couleurs de l'arc-en-ciel comme précédemment). Les voyelles correspondent à des intensités acoustiques plus fortes que les consonnes en basses fréquences. Ce spectrogramme illustre le principe de la reconnaissance vocale, qui repose sur la comparaison des rythmes, des amplitudes et des fréquences entre un enregistrement et les mots d'un locuteur. La reconnaissance vocale a deux objectifs :

- la reconnaissance de mots-clés prononcés par une personne dans un menu proposé par un répondeur téléphonique ;
- la reconnaissance d'une personne et la réception d'un ordre en vue de commander une machine.

## Document 5 – Le logiciel Vocalab

Se munir d'écouteurs, les brancher sur la prise jack 3,5 mm verte du PC, et visualiser la vidéo YouTube de démonstration du logiciel Vocalab. Si vous disposez d'un smartphone, flashez le QR-Code ci-contre.



<https://www.youtube.com/watch?v=czF8WISSifo>

- Analyse des spectrogrammes : sur quelles gammes de fréquences s'étendent les sons enregistrés ? Sur combien d'octaves ?
- Le téléphone limite les signaux transmis entre les fréquences 300 Hz et 3,4 kHz. Pourquoi ?
- Sur le spectrogramme « sweet », quelles sont les propriétés communes aux différents styles de chant ?
- Sur le spectrogramme « les enfants », où se situe le son sifflant « z » ? Quelle est la caractéristique des sons sifflants « s », « z » et « f » ? Différencier les autres consonnes des sons sifflants.

## 2 Activité expérimentale : acquisition & traitement d'un son (1 heure)

### 2.1 Transitoires d'attaque et d'extinction

- Connecter électriquement la console d'acquisition au secteur, s'assurer qu'elle est connectée au PC allumé par un port USB 2.
- En utilisant l'adaptateur jack vers « banane », connecter le micro sur une entrée de votre choix (par exemple EA1 et M pour les deux bornes). Allumer le micro (interrupteur basculé en direction du point rouge).
- Ouvrir Latis Pro, cliquer sur le bouton EA1 (si c'est l'entrée qui a été choisie précédemment) dans la liste d'entrées analogiques pour activer cette borne.
- Dans Acquisition, onglet Temporelle, laisser Points égal à 1 000 pour le nombre de points de mesure, et entrer 5 secondes sous Total, pour la durée totale de l'acquisition.
- Cocher temporairement Mode permanent pour faire quelques essais, en lançant l'acquisition avec F10 (ou avec l'icône rouge des menus), et en arrêtant avec Echap. Si rien de visible n'est enregistré, penser à changer l'échelle verticale (clic-glissé avec la souris sur l'axe vertical, ou plus simplement clic-droit > calibrage). Décocher le mode permanent une fois que vous êtes certain du bon fonctionnement de votre micro.
- Lancer l'acquisition et jouer une note de une ou deux secondes avec la flûte à bec.
- Sur la courbe obtenue, repérer les transitoires d'attaque et d'extinction, ainsi que la zone dans laquelle le son se maintient sans changement apparent ni dans sa forme ni dans son amplitude.

### 2.2 Hauteur & spectre d'un son

- Changer maintenant la durée d'enregistrement (par exemple, 0,1 seconde sous Total) et enregistrer une note maintenue, au diapason ou à la flûte à bec. Pour cela, procéder à l'inverse de précédemment : jouer une note bien forte, bien maintenue, et enregistrer une petite fraction de cette note.
- Zoomer suffisamment sur la courbe obtenue afin de vérifier l'absence des transitoires d'attaque et d'extinction. Vérifier aussi que le signal enregistré est périodique et d'amplitude constante.
- Mesurer la période du signal sur un grand nombre de périodes (pour accroître la précision de la mesure). Calculer la fréquence correspondante.
- Dans le menu Traitements > Calculs spécifiques > Analyse de Fourier, effectuer la transformée de Fourier du signal enregistré, en glissant-déposant la courbe EA1 (si cela n'est pas déjà fait, cliquer sur la Liste des courbes en haut à gauche pour avoir accès à la courbe EA1 à glisser-déposer).
- Trouver la fréquence du fondamental et des harmoniques.
- Modifier la hauteur du son de l'instrument pour jouer une note plus aiguë, puis une note une octave supérieure, et recommencer les mesures.

e. Quelle est la grandeur modifiée lorsque le son est plus aigu ou plus grave ?

f. À quel rapport de fréquences correspond une octave ?

g. Comment est appelé le graphique obtenu par transformée de Fourier ? Quelles sont les grandeurs en abscisse et en ordonnée ?

h. Quelles sont les différences entre les différents instruments ? Notre oreille peut-elle « sentir » ces différences entre instruments ?

### 2.3 Utilisation de sons pré-enregistrés

- On dispose de fichiers sons dans un dossier « Fichiers sons » de la clef USB. Lire ces sons avec Audacity, en écoutant au casque.
- Utiliser l'adaptateur jack vers banane pour envoyer ces sons depuis la sortie son de l'ordinateur vers la console Sysam SP5, entrée EA0 et Masse.
- Procéder à deux enregistrements différents :
  - un enregistrement pour faire apparaître les transitoires d'attaque et d'extinction du son ;
  - un enregistrement pour faire apparaître la forme du signal.
- Mesurer la période du signal sur un grand nombre de périodes (pour accroître la précision de la mesure). Calculer la fréquence correspondante.
- Dans le menu Traitements > Calculs spécifiques > Transformée de Fourier, effectuer la transformée de Fourier du signal enregistré, en glissant-déposant la courbe EA1 (si cela n'est pas déjà fait, cliquer sur la Liste des courbes pour avoir accès à la courbe EA1 à glisser-déposer).
- Trouver la fréquence du fondamental et des harmoniques.

### 2.4 Enregistrement avec Audacity

- Brancher le micro sur la borne à l'avant de l'unité centrale (prise jack micro) ou utiliser le micro-casque.
- Enregistrer le phonème [ε], suffisamment fort, pendant 2 à 3 secondes environ, et réaliser son spectre.

i. Sur le spectre du phonème [ε], repérer les fréquences des cinq premiers formants. Que remarque-t-on ?

j. À quel paramètre du son du phonème correspond la fréquence du premier formant ?

k. Comparer les spectrogrammes des phonèmes [ε] prononcés par une voix féminine et une voix masculine. Quelles sont les différences ?

### 3 Correction des exercices (séance n° 5)

#### 5.1 Diapasons

La caisse de résonance a des dimensions qui permettent l'apparition du premier mode de vibration, un seul ventre, de taille  $L = \lambda/2$ . La longueur d'onde  $\lambda$  étant inversement proportionnelle à la fréquence  $f$ , plus la fréquence est basse (note plus grave), plus la caisse de résonance du diapason doit être de grande taille.

#### 5.2 N° 2 p. 120 – Écho créé par un mur de scène

Le son direct va de A en S et a parcouru la distance AS, avec une vitesse de valeur constante, en une durée :

$$\Delta t_d = \frac{AS}{v}$$

L'écho part de S pour arriver en A après s'être réfléchi sur le mur de la scène, il a parcouru la distance  $AS + 2d$ , avec la même valeur constante de vitesse, en une durée :

$$\Delta t_e = \frac{AS + 2d}{v}$$

Le retard entre l'écho et le son direct doit être inférieur à une durée de  $1/25$  seconde pour que le son reste net :

$$\Delta t_e - \Delta t_d < \frac{1}{25}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2d}{v} < \frac{1}{25}$$

$$\Leftrightarrow d < \frac{v}{50}$$

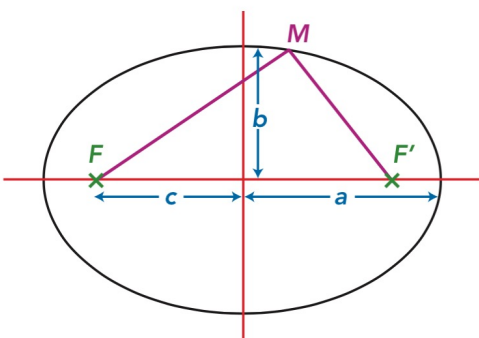
$$\Leftrightarrow d < \frac{340}{50}$$

$$\Leftrightarrow d < 6,8 \text{ m}$$

La profondeur maximale de la scène, pour que la parole ne soit pas perturbée par l'écho, est de 6,8 m.

#### 5.3 N° 7 p. 123 – Quand les galeries chuchotent (10 min)

Ces deux documents illustrent les propriétés géométriques d'une ellipse. Une onde sonore émise depuis un foyer F (ou F') de l'ellipse se réfléchit sur les parois de l'enceinte de forme elliptique en passant par l'autre foyer de l'ellipse F' (ou F).



#### 5.4 Corde de banjo

- a. On utilise la formule donnant la célérité de l'onde, formule qui sera toujours donnée. La masse linéique  $\mu$  est la masse de la corde divisée par sa longueur.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{71}{\frac{1,1 \times 10^{-3}}{54 \times 10^{-2}}}} = 3,4 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- b. Le fondamental correspond, pour une corde, à l'établissement d'une onde stationnaire formant un seul fuseau de taille  $\lambda/2 = L$ . La célérité  $v$  est liée à la longueur d'onde et la fréquence par :

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \Leftrightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

Par suite :

$$\lambda = 2L \Rightarrow f = \frac{v}{2L}$$

$$f = \frac{3,4 \times 10^2}{2 \times 54 \times 10^{-2}} = 3,1 \times 10^2 \text{ Hz}$$

#### 5.5 Onde stationnaire dans un tuyau

- a. La fréquence du fondamental est la plus petite valeur de  $f$  pour laquelle le tuyau émet un son audible. Il s'agit donc de  $f_1 = 142 \text{ Hz}$ .
- b. La fréquence de 425 Hz correspond à  $f_3 = 3f_1$ . Sachant qu'à chaque extrémité du tuyau, il y a un ventre de vibration, et que la longueur du tuyau vaut  $3\lambda_n/2$ , il y a trois nœuds de vibration dans la colonne d'air (et aussi quatre ventres).
- c. La longueur du tuyau et la longueur d'onde sont reliées par :

$$L = n \frac{\lambda_n}{2}$$

avec  $n = 3$ . La célérité  $v$  de l'onde étant connue, on en déduit :

$$L = 3 \frac{\lambda_3}{2} \quad \text{et} \quad \lambda_3 = \frac{v}{f_3}$$

$$\Rightarrow L = \frac{3v}{2f_3} = \frac{3v}{2 \times 3f_1} = \frac{v}{2f_1} = \frac{340}{2 \times 142} = 1,20 \text{ m}$$

- d. En chauffant l'air,  $T$  augmente. La célérité étant une fonction croissante de la température  $T$ , elle augmente aussi. À la longueur  $L$  constante, on peut écrire d'après la question c :

$$L = \frac{v}{2f_1} \quad \text{donc} \quad f_1 = \frac{v}{2L}$$

$f_1$  est une fonction croissante de  $v$  donc de  $T$ . La fréquence  $f_1$  et par conséquent toutes les fréquences  $f_n = n f_1$  augmentent avec la température.

e. À  $T' = 330$  K, la célérité  $v'$  de l'onde vérifie :

$$v = k\sqrt{T} \quad \text{et} \quad v' = k\sqrt{T'} \quad \Rightarrow \quad \frac{v'}{\sqrt{T'}} = \frac{v}{\sqrt{T}}$$

$$\Rightarrow \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{T'}{T}}$$

La longueur  $L$  reste inchangée donc :

$$L = \frac{v}{2f_1} = \frac{v'}{2f_1'}$$

et donc la fréquence  $f_1'$  du mode fondamental vérifie :

$$\frac{f_1'}{f_1} = \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{T'}{T}} \quad \Rightarrow \quad f_1' = f_1 \sqrt{\frac{T'}{T}}$$

Application numérique :

$$f_1' = 142 \times \sqrt{\frac{330}{298}} = 149 \text{ Hz}$$

### 5.6 Tube de Kundt

a. Les tas correspondent à des nœuds de vibration, la poudre se regroupant là où les vibrations sont les plus faibles.

b. La distance entre tas donne la taille d'un fuseau :

$$\frac{\lambda}{2} = 11,0 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \lambda = 22,0 \text{ cm}$$

La fréquence est donnée par :

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \Leftrightarrow \quad f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0,22} = 1545 \text{ Hz}$$

## 4 Correction des exercices (séance n° 7)

**7.1**  $I = 1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  et  $I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  ;

$$\Rightarrow L_{\text{dB}_A} = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{1}{10^{-12}} = 120 \text{ dB}_A$$

**7.2** Le  $\text{la}_3$  correspond à 440 Hz, trois demi-tons correspond à multiplier trois fois par l'intervalle d'une demi-ton  $2^{1/12}$  :

$$f_{\text{do}_4} = 440 \times 2^{\frac{3}{12}} = 523 \text{ Hz}$$

**7.3** Notons  $I_1$  l'intensité sonore avant le double vitrage,  $I_2$  l'intensité sonore après la vitre ;  $L_{\text{dB}_A} = 35 \text{ dB}_A$ , et on peut écrire :

$$L_{\text{dB}_A} = 10 \log \frac{I_1}{I_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{I_1}{I_2} = 10^{\frac{L_{\text{dB}_A}}{10}} = 10^{\frac{35}{10}} \simeq 3162$$

Donc une atténuation des intensités d'un facteur 3 000 environ.

**7.4** Sept demi-tons correspondent à un intervalle de :

$$2^{\frac{7}{12}} \simeq 1,4983$$

Des fréquences séparées par un intervalle de 1,5 correspondent à une quinte. Ici la consonance entre le  $\text{do}_3$  et le  $\text{sol}_3$  de la gamme tempérée est assez bonne. Divisons par la valeur d'un demi-ton en guise de comparaison :

$$\frac{1,5 - 1,4983}{2^{1/12}} = 0,16 \% \quad \text{d'écart}$$

ce qui est quasiment inaudible comme intervalle. La quinte de la gamme tempérée sonne donc assez bien à l'oreille.

### 7.5 Briser une vitre avec un son

**1.a.** Accélération  $a$  de la pierre :

$$a = g$$

Vitesse  $v$  de la pierre, lâchée sans vitesse d'un point origine du référentiel terrestre supposé galiléen, l'axe étant orienté vers le bas :

$$v = g t$$

Distance  $h$  de chute de la pierre et temps de chute  $t$  :

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \quad \Leftrightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Vitesse lors de l'impact :

$$v = g t \quad \Rightarrow \quad v = g \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh}$$

Énergie cinétique de la pierre lors de l'impact :

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad \Rightarrow \quad E_c = mgh$$

Cette énergie correspond à l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{\text{pp}}$  perdue lors de la chute :  $E_{\text{pp}} = mgh$ , car l'énergie totale se conserve lors d'une chute libre (sans frottement). Application numérique :

$$E_c = 0,500 \times 9,81 \times 0,70 = 3,4 \text{ J}$$

1.b. Durée  $t_1$  de la chute jusqu'à  $h_1 = 70$  cm :

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,70}{9,81}} = 0,3777 \text{ s}$$

Durée  $t_2$  de la chute jusqu'à  $h_2 = 70,4$  cm :

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,704}{9,81}} = 0,3788 \text{ s}$$

Temps nécessaire pour briser la vitre :

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 0,3788 - 0,3777 = 0,0011 \text{ s}$$

1.c. Puissance  $\mathcal{P}$  reçue par la vitre, lors du choc :

$$\mathcal{P} = \frac{E_c}{\Delta t} = \frac{3,4}{0,0011} = 31 \text{ W}$$

1.d. La puissance par unité de surface ou intensité  $I$  reçue par la vitre est :

$$I = \frac{\mathcal{P}}{S} = \frac{31}{0,20 \times 0,20} = 7,8 \times 10^2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

2. Dans une seconde expérience, on dispose d'une grosse enceinte acoustique, dont le cône d'émission a un rayon de  $R = 10$  cm.

2.a. Surface  $S$  du cône d'émission, de rayon de  $R = 10$  cm :

$$S = \pi R^2 = 3,14 \times 0,10^2 = 0,99 \text{ m}^2$$

2.b. La puissance acoustique  $\mathcal{P}$  nécessaire pour atteindre l'intensité  $I$  calculée à la question 1.d vaut :

$$I = \frac{\mathcal{P}}{S} \Leftrightarrow \mathcal{P} = I \cdot S \\ \mathcal{P} = 7,8 \times 10^2 \times 0,99 = 7,7 \times 10^2 \text{ W}$$

C'est dix ordres de grandeur de la puissance d'un haut-parleur d'une chaîne HiFi.

## 7.6 Audiogramme

- Entre 20 Hz et 15 kHz environ.
- Perception inférieure à 0 dB.
- Pour 40 dB, moins de 0 dB<sub>A</sub> donc non perçu.

## 1.5 L'effet Larsen

1. L'effet Larsen entraîne une amplification progressive et auto-entretenu 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° 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° et 225° 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° 9

8.1 N° 4 p. 84 – Reconnaissance vocale

8.2 N° 6 p. 85 – Forum de discussion

8.3 N° 5 p. 85 – Directivité d'un haut-parleur

8.4 N° 2 p. 102 – L'harmonie selon le père Blaise (résolu)