

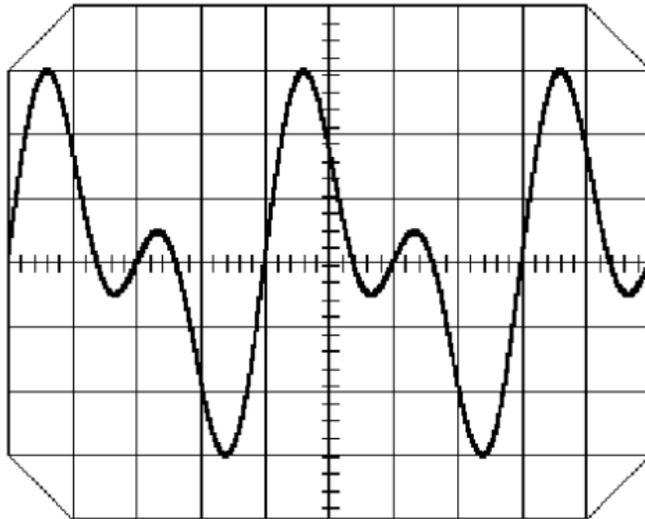
# Ondes sonores – Exercices – Devoirs

## Exercice 1 corrigé disponible

A l'aide d'un microphone, on visualise sur l'écran d'un oscilloscope le signal sonore émis par un haut-parleur fonctionnant dans un laboratoire.

La base de temps de l'oscilloscope est réglée à la valeur de **0,10ms** par division.

- 1- **Déterminez** la valeur de la période du signal.
- 2- **Calculez** la fréquence correspondante.
- 3- Le signal sonore **est-il** audible par l'homme ? **Justifiez**.
- 4- **A quoi correspond** la longueur d'onde d'une onde sonore ?
- 5- **Calculez** la valeur de la longueur d'onde du signal étudié, lorsqu'il se propage dans l'air.



## Exercice 2 corrigé disponible

Sur la notice d'une vuvuzela, il est noté que l'appareil produit à une distance de 1 m un son de 123 dB.

- 1- **Calculez** l'intensité acoustique correspondante.
- 2- On suppose que toute la puissance émise est répartie sur une sphère autour de l'instrument. **Calculez** la puissance acoustique  $P$  émise par la vuvuzela dans tout l'espace.
- 3- **A quelle distance** doit-on se trouver de la vuvuzela afin de ne pas mettre en danger son audition, c'est-à-dire pour que le niveau sonore soit inférieur à 80 dB ?

## Exercice 3 corrigé disponible

Dans une chambre, une chaîne hifi diffuse un son en direction d'un mur. Ce mur a un coefficient de transmission  $t=1,6*10^{-3}$ . Au niveau du mur, l'intensité sonore vaut  $I = 6,3*10^{-6} \text{ W.m}^{-2}$ .

- 1- **Calculez** le niveau sonore  $L$  correspondant.
- 2- **Quel appareil** utilise-t-on pour mesurer ce niveau sonore ?
- 3- **Calculez** l'intensité sonore  $I'$  de l'autre côté du mur.
- 4- **En déduire** la valeur du niveau sonore  $L'$  de l'autre côté.

## Exercice 4 corrigé disponible

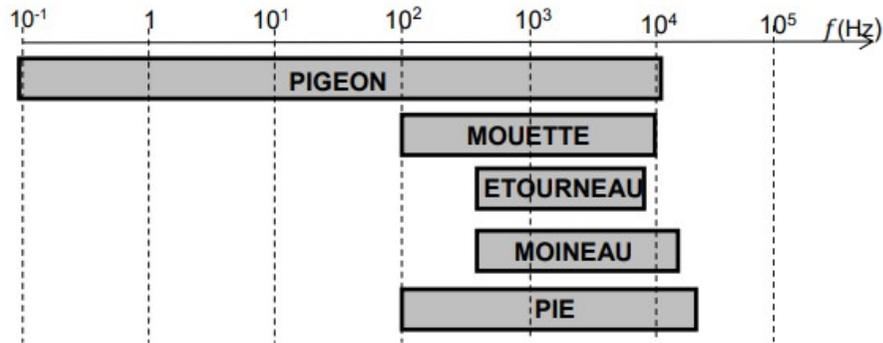
L'aviation civile recense un peu moins de mille rencontres d'oiseaux en France chaque année. Entre 15 % et 20 % d'entre elles sont classées "sérieuses". Elles occasionnent des retards de trafic, et des dommages plus ou moins importants concernant la cellule et les réacteurs.



D'après [www.kelbillet.com](http://www.kelbillet.com)

L'effaroucheur d'oiseaux est un outil de prévention et de lutte contre le risque aviaire. Il émet des sons de fréquence comprise entre 300 Hz et 5 kHz.

Les oiseaux ont une audition dont le spectre en fréquence couvre une bande de fréquences différente selon les espèces. Une solution pour les faire fuir consiste à émettre des cris d'oiseaux en détresse ou des cris de prédateurs.



Les caractéristiques techniques du haut-parleur de l'effaroucheur sont données ci-dessous :

Dimensions : 230 x 190 x 80 mm.

Alimentation : 12 V continu.

Protection : fusible 5 A.

Consommation en veille : 120 mA. Consommation en fonctionnement : 4,5 A.

Gamme de température :  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Puissance acoustique de sortie : 30 W.

Bande passante : 300 Hz à 5 kHz.

Niveau sonore mesuré à 1 m des haut-parleurs > 120 dB.

Protection contre les courts-circuits et surchauffe.

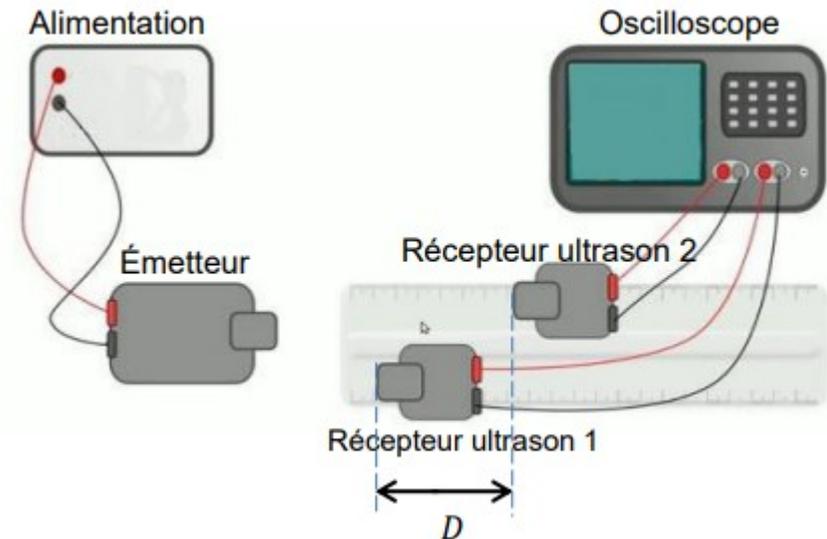
1. Déterminer la valeur de la puissance électrique absorbée par le haut-parleur de l'effaroucheur en fonctionnement. Quel est le rendement du haut-parleur ?
2. Indiquer si les fréquences utilisées par le haut-parleur sont adaptées pour faire fuir les oiseaux.
3. Indiquer si ces fréquences sont audibles par l'oreille humaine. Justifier.

La valeur de référence pour la vitesse du son, dans les conditions de l'expérience, est  $v = 340\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

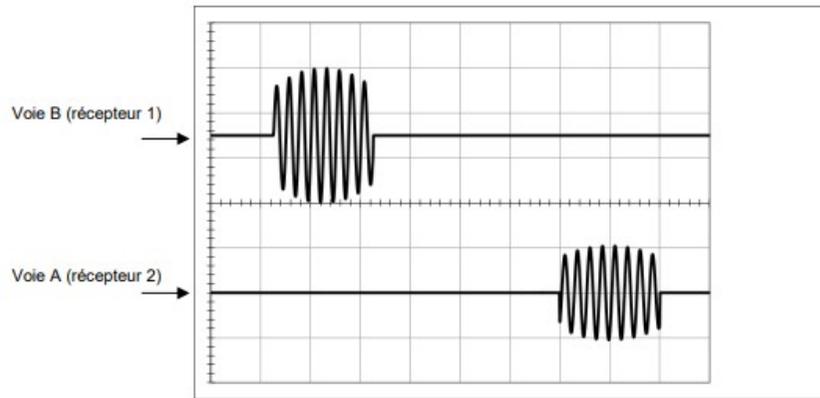
4. Déterminer la valeur de la longueur d'onde du signal de fréquence 300 Hz.

Afin de vérifier la valeur de la vitesse de propagation de l'onde, un étudiant affirme : « comme la vitesse de propagation du son est identique à celle d'un ultrason, je vais utiliser un émetteur d'ultrasons afin qu'il émette des salves ; le récepteur 2 étant plus éloigné que le récepteur 1 de la source, je visualiserai un retard  $\tau$  sur l'oscilloscope me permettant d'en déduire la vitesse ».

**Données** : les ultrasons ont une fréquence supérieure à 20 kHz.



Les signaux enregistrés sont observés sur le chronogramme ci-dessous. La distance entre les deux récepteurs est  $D = 18,1 \text{ cm}$ . La base de temps de l'oscilloscope est réglée sur  $100 \mu\text{s}/\text{div}$ .

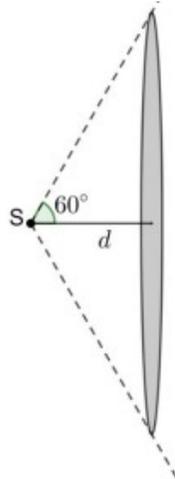


5. Déterminer la valeur de la fréquence du signal émis. En déduire que l'étudiant a bien utilisé des ultrasons.

Par une méthode statistique (type A), l'étudiant détermine que l'incertitude-type sur la valeur expérimentale de la vitesse est  $u(v) = 0,3 \cdot 10^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

6. Déterminer la valeur expérimentale de la vitesse de propagation du son et l'exprimer en tenant compte de l'incertitude-type.

La source sonore S de l'effaroucheur d'oiseaux est assimilable à un point. On suppose que le son se propage selon un cône et que la surface sur laquelle se répartit la puissance acoustique est assimilable à une surface plane en forme de disque suivant la représentation ci-contre.



7. Déterminer la valeur de la surface du disque situé à une distance  $d = 1 \text{ m}$  de la source S.

Rappel : dans un triangle rectangle, on a  $\tan \alpha = \frac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}}$ .

8. En utilisant les caractéristiques techniques du haut-parleur de l'effaroucheur, vérifier que l'intensité acoustique  $I$  à  $1 \text{ m}$  de la source est proche de  $3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

On calcule le niveau sonore  $L$  (en décibel dB) à partir de l'intensité acoustique  $I$  par la relation :

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

On rappelle que  $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (intensité acoustique minimale de référence).

9. Conclure quant à la véracité de l'information fournie par le fabricant concernant le niveau sonore à  $1 \text{ m}$  des haut-parleurs.

### Exercice 5 corrigé disponible

Le son est produit par la vibration d'objets et il arrive jusqu'à nos oreilles sous forme d'ondes se propageant dans l'air. Les sons sont perçus de manière plus ou moins intense.

L'intensité sonore, ou intensité acoustique notée  $I$  et exprimée en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ , caractérise l'intensité du signal perçue par l'oreille.

On calcule le niveau d'intensité sonore noté  $L$  en décibels (dB) à partir de l'intensité sonore notée  $I$  ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) par la relation :  $L = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$ .

On rappelle que  $I_0 = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (intensité sonore minimale de référence).

#### Partie A : onde sonore et intensité

Nos oreilles peuvent être endommagées irrémédiablement si le niveau d'intensité sonore et la durée d'exposition au bruit sont trop importants.

Une personne souhaite assister au décollage de la fusée Ariane sans protection auditive.

Après avoir déterminé le niveau d'intensité sonore de la fusée Ariane au décollage, au voisinage de la rampe de lancement, utiliser les données ainsi que vos connaissances pour déterminer à quelle distance minimale la personne doit être de la rampe de lancement pour s'assurer que le bruit du décollage ne présente aucun risque pour son audition.

### Données :

L'intensité acoustique du bruit généré par le décollage de la fusée Ariane vaut  $10^2 \text{ W.m}^{-2}$  à une distance de 100 m de la rampe de lancement.

On considère, pour simplifier, que l'oreille humaine ne subit pas de dommage pour un son dont le niveau d'intensité sonore ne dépasse pas 100 dB, pendant une durée d'exposition ne dépassant pas quatre minutes par jour.

Le niveau d'intensité sonore diminue de 20 dB lorsque la distance par rapport à la source est multipliée par 10.

Ainsi pour une distance à la source  $d_2 = 10d_1$ ,  $L(d_2) = L(d_1) - 20 \text{ dB}$ .

### Partie B : étude mathématique

- On rappelle que  $L = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$ . Montrer que  $I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$
- Calculer l'intensité sonore pour  $L = 50 \text{ (dB)}$ .
- L'intensité sonore  $I$  double-t-elle lorsque l'on double le niveau d'intensité sonore  $L$ ?
- Pour une distance à la source  $d_1$  (resp.  $d_2$ ), on note  $L_1$  (resp.  $L_2$ ) le niveau d'intensité sonore à la distance  $d_1$  (resp.  $d_2$ ) de la source et  $I_1$  (resp.  $I_2$ ) l'intensité sonore à la distance  $d_1$  (resp.  $d_2$ ) de la source.

Le niveau d'intensité sonore diminue de 20 dB lorsque la distance par rapport à la source est multipliée par 10. Ainsi si  $d_2 = 10d_1$ , on a :  $L_2 = L_1 - 20 \text{ (dB)}$ .

Montrer que l'intensité sonore est divisée par 100 lorsque la distance par rapport à la source est multipliée par 10.

### Exercice 6 corrigé disponible

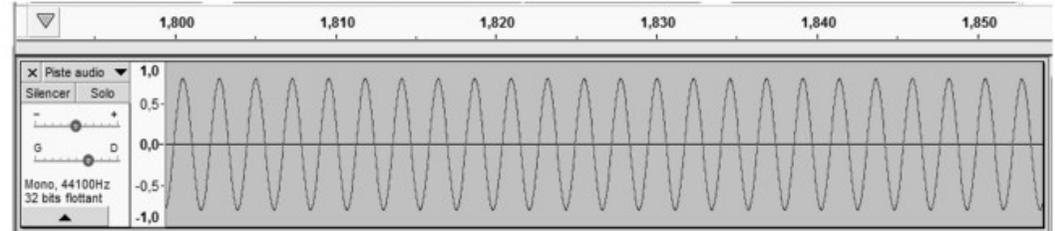
Dans cet exercice on cherche à déterminer l'efficacité que peut avoir le casque audio à réduction de bruit active pour les personnes travaillant sur les pistes d'un aéroport.

#### 1. Production d'un son

On étudie la production d'un son à l'aide du logiciel Audacity.

On crée une piste sonore en entrant les paramètres voulus, puis on écoute le son produit.

Chronogramme du son produit :



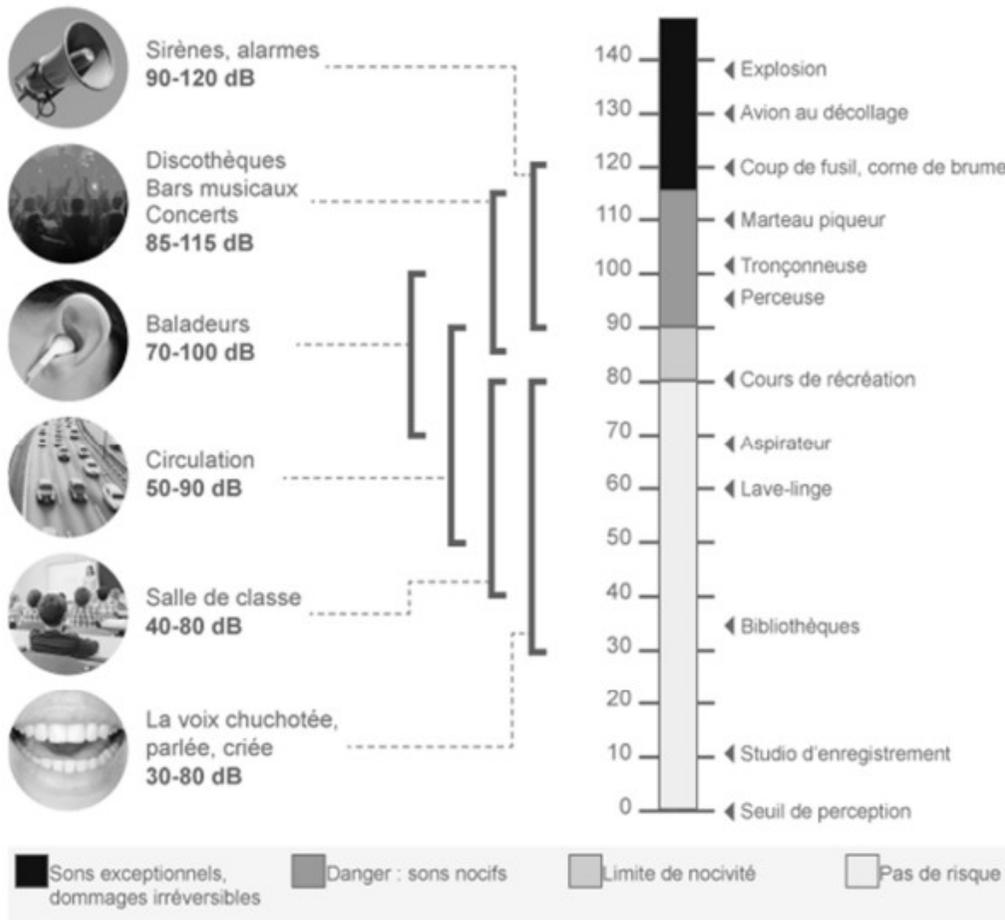
Sur ce chronogramme, l'échelle située dans la partie supérieure est l'axe des durées, en seconde.

- 1.1. En étudiant le chronogramme, choisir les termes qualifiant le mieux le son produit : son pur ou son complexe.
  - 1.2. Évaluer la valeur de la période  $T$  (en seconde) du son produit.
  - 1.3. En déduire la valeur de la fréquence  $f$  du son produit.
  - 1.4. Tracer l'allure du spectre en amplitude du son produit.
- 2. Mesures des risques encourus par le personnel de piste d'un aéroport**

On s'intéresse tout d'abord à quelques caractéristiques de l'oreille humaine et on cherche à comprendre en quoi le bruit émis par un avion au décollage présente des risques importants quant à l'ouïe du personnel présent à proximité.

**Échelle de niveaux d'intensités sonores pour l'oreille humaine pour une fréquence de 1 kHz à une distance de 1 m de la source**

### Niveau d'intensité sonore en dB



Le niveau d'intensité sonore  $L$  est défini par la relation suivante :

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

où

- $I$  est l'intensité sonore en  $W/m^2$  ;
- $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} W/m^2$  est l'intensité sonore de référence correspondant au seuil d'audibilité.

**2.1.** À l'aide des données ci-dessus, préciser à quel risque est soumis l'ouïe du personnel de piste dans un aéroport.

**2.2.** Montrer que l'intensité sonore d'un avion au décollage est 100 fois plus importante que celle d'un marteau piqueur.

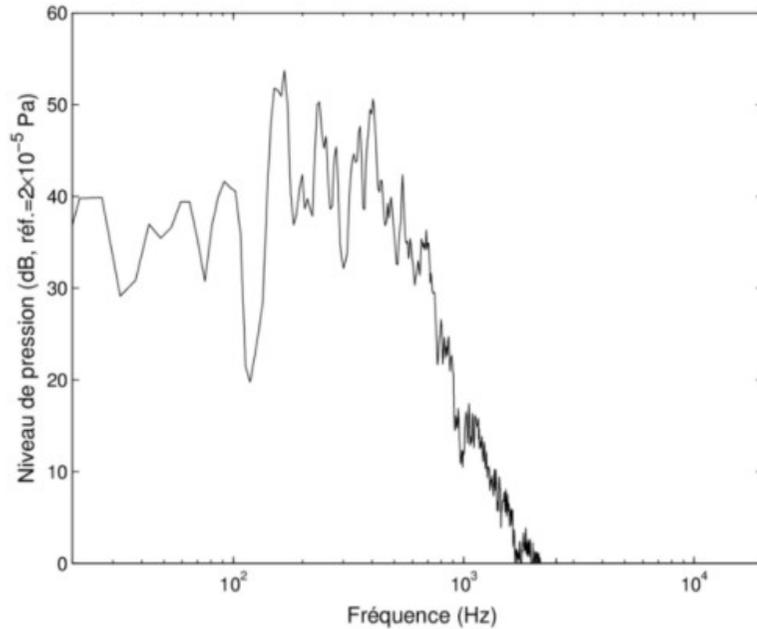
**2.3.** Sachant que lorsqu'on double la distance à une source sonore, le niveau sonore diminue de 6 dB, évaluer la distance à laquelle le niveau sonore d'un avion au décollage n'est plus que de 100 dB.

### 3. Étude de l'efficacité du casque à réduction de bruit active

D'après la réglementation sur la santé et la sécurité au travail (article L.4121-2), la valeur limite d'exposition au bruit d'une personne est de 87 dB en moyenne sur une journée de travail.

Dans les milieux bruyants comme les aéroports, il convient donc de protéger le personnel avec un matériel adapté, comme un casque à réduction de bruit active.

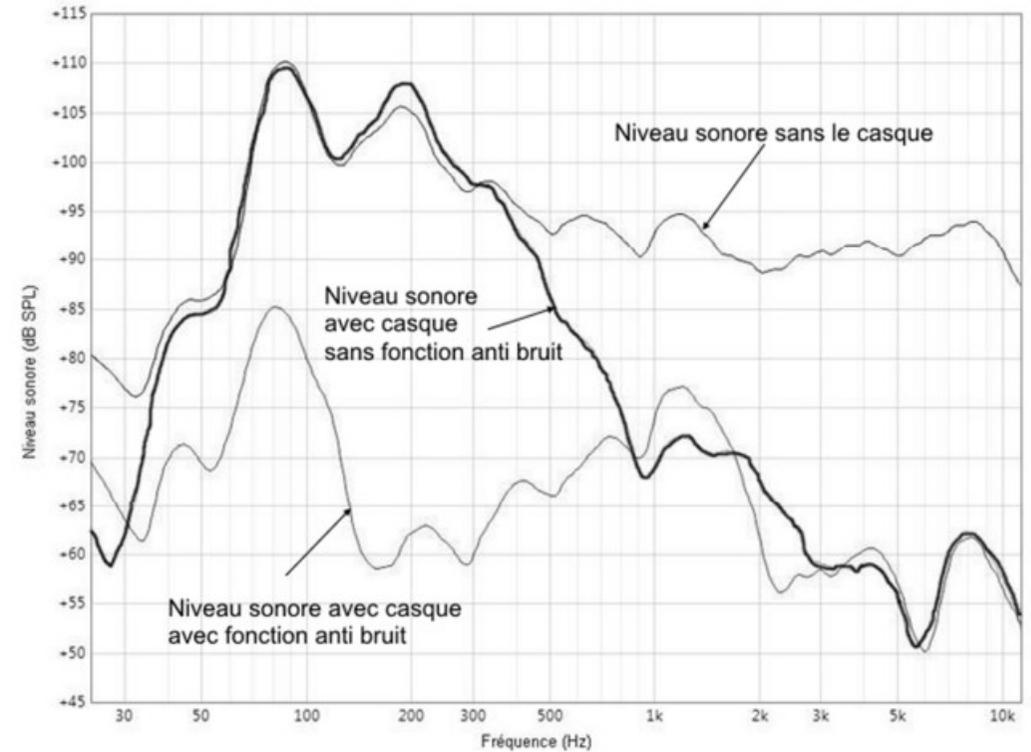
## Spectre du son émis par un avion au décollage.



Source : [https://www.researchgate.net/figure/Fig-A1-Spectre-de-niveau-de-pression-de-la-source-Avion-au-decollage\\_fig63\\_259568969](https://www.researchgate.net/figure/Fig-A1-Spectre-de-niveau-de-pression-de-la-source-Avion-au-decollage_fig63_259568969)

## Test d'un casque avec fonction de réduction de bruit

Lors de tests en laboratoire, on évalue l'efficacité d'un casque anti-bruit à l'aide d'une oreille artificielle. Les courbes ci-dessous illustrent très bien l'effet de la technologie de réduction du bruit. Une source génère un signal sur tout le spectre de fréquence, et on mesure le niveau d'intensité sonore.



Source : <https://www.quechoisir.org/decryptage-casques-audio-que-valent-les-modeles-a-reduction-de-bruit-n67559/>

- 3.1. Donner les intervalles de fréquences pour lesquels le casque sans fonction réduction de bruit est efficace.
- 3.2. Expliquer pourquoi le spectre du son émis par un avion au décollage ne correspond pas à celui d'un son périodique.
- 3.3. À l'aide des courbes données, expliquer pourquoi un casque sans fonction de réduction de bruit n'est pas adapté pour le personnel des pistes d'aéroport.

4. Déterminer l'atténuation (en dB) du son pour une fréquence de 80 Hz lorsqu'on utilise le casque avec fonction réduction de bruit.

En déduire la valeur du rapport :  $r = \frac{I_{80}}{I_{80}^*}$ .

- $I_{80}$  intensité sonore à 80 Hz, sans casque ;
- $I_{80}^*$  intensité sonore à 80 Hz avec casque et fonction de réduction de bruit activée.

Commenter la valeur de ce rapport.