

**Exercice 1 (8 points)**

Dans cet exercice on cherche à évaluer le niveau sonore auquel peut être exposé un ouvrier sur un chantier de construction et on présente une technologie innovante de lutte contre le bruit.

**Les documents nécessaires sont regroupés en fin d'exercice.**

1. Expliquer pourquoi la technologie « ANR » peut réduire le bruit reçu.
2. On considère un bruit extérieur, reçu par une personne sur un chantier, caractérisé par une intensité sonore  $I_1 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ W.m}^{-2}$  à la fréquence de 500 Hz.
  - 2.1. Calculer le niveau sonore  $L_1$  du son reçu par cette personne (sans casque).
  - 2.2. A l'aide d'un des documents, déterminer le niveau sonore  $L_2$  du son à travers un casque de protection « NoiseMaster® » pour un son de fréquence 500 Hz, puis calculer l'intensité sonore  $I_2$  correspondante.
3. Sur un chantier de travaux publics, un ouvrier (sans casque) est placé à une distance  $R = 1,0 \text{ m}$  d'un engin émettant un bruit de fréquence moyenne 125 Hz avec une puissance sonore  $P = 15 \text{ mW}$ .
  - 3.1. Déterminer, en justifiant, si le bruit perçu par cet ouvrier présente un danger pour son système auditif.
  - 3.2. L'ouvrier met son casque avec protection « NoiseMaster® ». Quel est alors le niveau sonore ressenti ? Le danger persiste-t-il ?

**DOCUMENTS**

**Document 1 :** Quelques données.

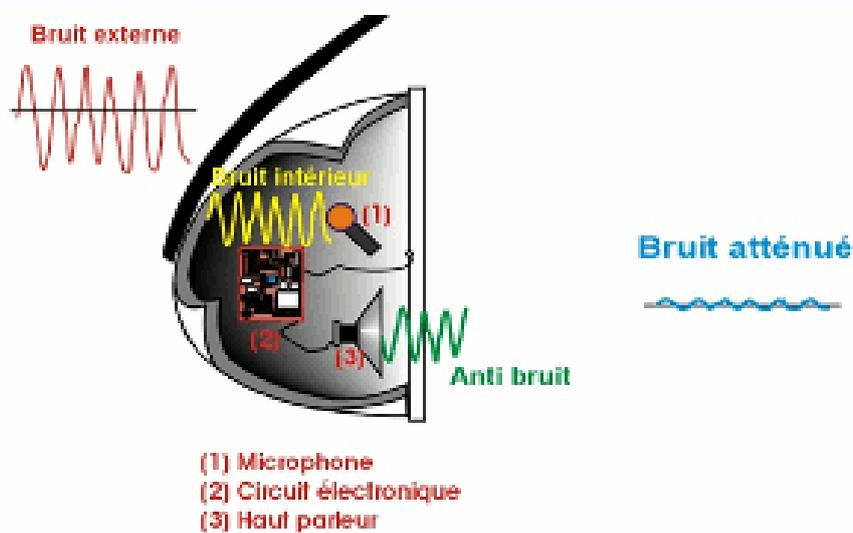
- Relation entre le niveau sonore  $L$  (dB) et intensité sonore  $I$  ( $\text{W.m}^{-2}$ ) :  $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$  avec  $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ , intensité sonore de référence.
- L'intensité sonore  $I$  à une distance  $R$  d'une source émettant dans toutes les directions est reliée à la puissance sonore  $P$  en watt (W) de cette source par la relation  $I = \frac{P}{S}$  où  $S$  représente la surface de la sphère de rayon  $R$  ( $S = 4\pi R^2$ ).

**Document 2 :** Échelle de niveaux sonores.

Niveau sonore (dB)	0	60	85	90	120
Effet sur l'auditeur	Limite d'audibilité	Bruit gênant	Seuil de risque	Seuil de danger	Seuil de douleur

**Document 3 :** Casque actif anti bruit.

La société TechnoFirst® a développé la gamme de casques NoiseMaster® équipés de la technologie ANR® (Active Noise Reduction®).

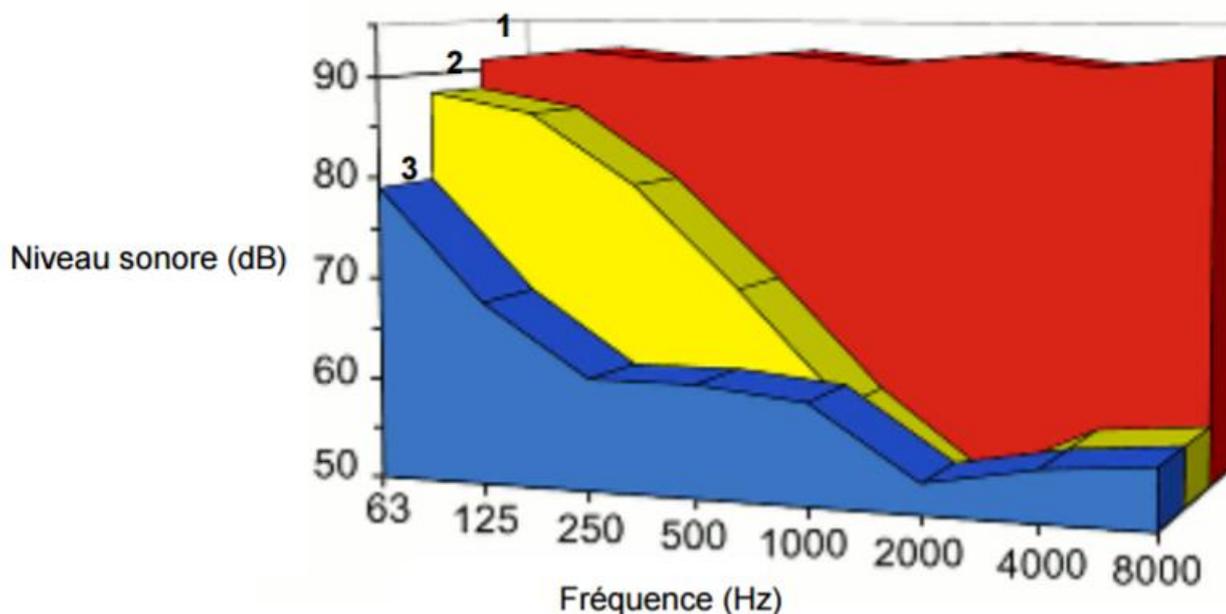


La technologie ANR® repose sur un système électronique miniaturisé (2) placé à l'intérieur de la coquille du casque. Ce système est connecté d'une part à un petit microphone (1) qui capte le bruit ambiant et d'autre part à un petit haut-parleur (3) qui génère le « contre bruit » à proximité de l'oreille de façon à atténuer considérablement le bruit qui arrive au tympan. Ce casque nécessite l'utilisation de piles électriques.

Source : [www.technofirst.com](http://www.technofirst.com)

**Document 4 : Les différents types de casques antibruit.**

Il existe deux types de casques antibruit : les casques passifs et les casques actifs. Le graphe ci-dessous donne les atténuations des niveaux sonores apportés par ces deux types de casques. Pour un niveau sonore de bruit donné (courbe 1), la courbe 2 donne le niveau sonore après atténuation apportée par un casque passif et la courbe 3 celle apportée par un casque actif.



**Exercice 2 (6 points)**

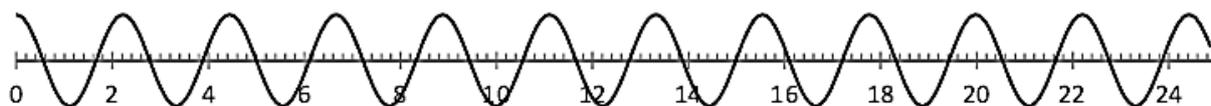
La clarinette est un instrument de musique à vent de la famille des bois. On peut légèrement modifier sa longueur en emboîtant plus au moins profondément les différents éléments la constituant. *En France, les musiciens ont l'habitude de s'accorder sur la note « la » de fréquence 442 Hz. Aux États-Unis, l'accord se fait sur la note « la » de fréquence 440 Hz. Un son pur est une vibration sonore sinusoïdale tandis qu'un son complexe est une vibration sonore périodique non sinusoïdale. Les instruments de musique produisent des ondes sonores complexes décomposables en une somme de sons sinusoïdaux. Un son complexe de fréquence  $f$  est la superposition d'un son sinusoïdal de même fréquence  $f$  (le fondamental) et de sons sinusoïdaux de fréquences multiples de  $f$  (les harmoniques). On peut modéliser une clarinette par une colonne*

d'air cylindrique, de longueur  $L$ , ouverte à une extrémité et fermée à l'autre. La vibration de l'anche engendre la vibration de l'air à l'intérieur de la clarinette selon les fréquences propres données par la relation  $f = (2n - 1) \frac{v}{4L}$  où  $L$  est la longueur en mètre de la colonne d'air,  $n$  un entier supérieur ou égal à 1 et  $v$  la célérité du son dans l'air :  $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$  à  $20^\circ\text{C}$ . La fréquence fondamentale correspond à  $n = 1$ .

1. Florent est un clarinettiste qui souhaite savoir si son instrument est bien accordé. N'ayant pas d'accordeur à sa disposition, il décide de s'enregistrer et de traiter l'information avec un logiciel de traitement du son.

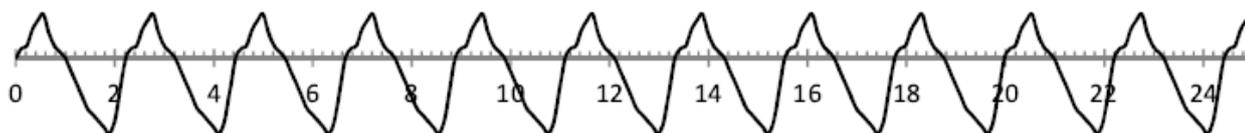
1.1. Parmi les deux **enregistrements a** et **b** ci-dessous, lequel correspond à celui de la clarinette de Florent. Justifier votre réponse.

Enregistrement a



temps (ms)

Enregistrement b



temps (ms)

1.2. Florent joue un La. La clarinette de Florent est-elle bien accordée pour jouer dans un orchestre français ?

2. Quelle est la fréquence de l'harmonique de rang 1 (ou fondamental) d'un instrument de musique bien accordé jouant un La en France ?
3. Quelle est la longueur  $L$  de la colonne d'air mise en mouvement dans la clarinette lorsqu'elle est accordée pour la France ?