

EXERCICES CHAPITRE : PROPRIÉTÉS DES ONDES

Exercice 1. UTILISATION D'UN AVERTISSEUR SONORE

Un gyropode, véhicule électrique monospace (figure 1), est équipé d'un avertisseur sonore capable d'émettre un signal sonore de fréquence 500 Hz et d'une puissance sonore de 80 mW. Lors de son utilisation, le niveau d'intensité sonore mesuré à 1,0 m devant le véhicule est de 100 dB.



Figure 1. Gyropode.

Données :

- intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- vitesse du son dans l'air : $v_{\text{son}} = 3,4 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. Expliquer sans calcul ni formalisme mathématique l'origine de l'atténuation du niveau d'intensité sonore si la distance entre la source et l'émetteur augmente.

Un schéma d'illustration simple est attendu. Dans le cas d'une source sonore omnidirectionnelle (qui émet la même énergie dans toutes les directions), l'intensité sonore I à la distance d de la source est $I = \frac{P}{4 \times \pi \times d^2}$ où P est

la puissance sonore de la source.

2. Calculer la puissance sonore associée à un niveau sonore de 100 dB à 1,0 m d'une source omnidirectionnelle. En déduire si l'avertisseur étudié est une source omnidirectionnelle.

Un promeneur, de dos par rapport au véhicule, écoute, avec un casque, de la musique à un niveau sonore de 85 dB.

Il marche sur la chaussée quand le conducteur actionne l'avertisseur pour prévenir de son arrivée. On considère que l'intensité sonore due à l'avertisseur qui parvient aux oreilles du promeneur est de $8,0 \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Données :

- on admet qu'un son n'est pas perceptible par rapport à un autre si la valeur absolue de la différence de leurs niveaux d'intensité sonore est supérieure ou égale à 6 dB

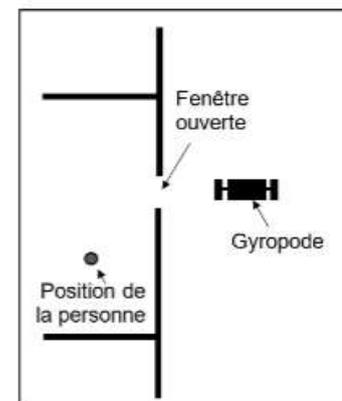
3. Déterminer si le promeneur entend distinctement le signal émis par l'avertisseur sonore.

4. Une personne située dans un bâtiment fermé à proximité n'entend pas du tout l'avertisseur sonore. Expliquer brièvement, en utilisant un vocabulaire scientifique rigoureux, le type d'atténuation mis en jeu.

Une autre personne située dans le même bâtiment entend très distinctement l'avertisseur sonore. Sa position dans la pièce est indiquée sur le schéma ci-contre :

5. Nommer le phénomène physique qui intervient à travers l'ouverture et, à l'aide d'un calcul, justifier qu'il se produit.

Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.



Exercice 2. NOS OREILLES ON Y TIENT !

Le niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels. L'échelle va de 0 à 120 dB. La limite de nocivité est située à 85 dB. Au-dessous, aucun risque auditif. Au-dessus, la nocivité augmente avec le niveau. On trouve des valeurs supérieures à 90 dB dans la vie professionnelle, les activités de loisirs (fêtes, sports mécaniques) et la musique

On peut lire dans un guide d'information de la journée nationale de l'audition l'affirmation suivante : « vous êtes exposé à 85 dB et plus si, dans une file de voiture, votre voisin entend votre autoradio toutes vitres fermées. »

L'objectif de cet exercice est de vérifier l'affirmation du guide d'information.

Donnée :

Le niveau d'intensité sonore L est lié à l'intensité sonore I par la relation : $L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ avec I_0 l'intensité sonore de référence en watt par mètre carré, L en décibels et I en watt par mètre carré

Partie 1 . Étude du son perçu par les conducteurs de deux voitures ayant les fenêtres baissées

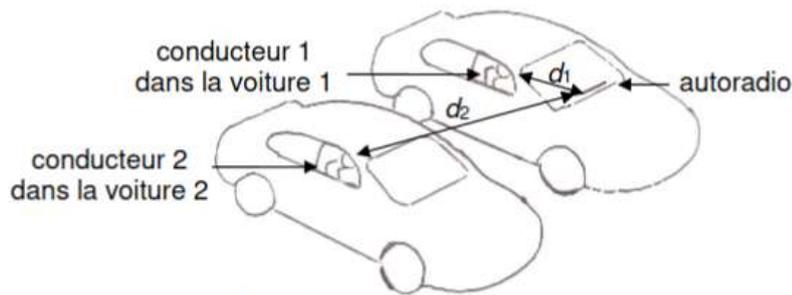


Figure 1. Schéma représentant les deux voitures côte à côte.

Dans la voiture 1, le conducteur 1 allume son autoradio. L'oreille du conducteur 1 est située à une distance d_1 égale à 1,0 m de l'autoradio. Les fenêtres de la voiture sont baissées.

Dans la voiture 2, les fenêtres sont également baissées. L'oreille du conducteur 2 est située à une distance d_2 égale à 3,1 m de l'autoradio de la première voiture.

Dans cette première partie, on considérera que l'atténuation de l'onde sonore ne dépend que de la distance entre la source et le récepteur et que la source est ponctuelle.

Donnée :

Dans le modèle de l'atténuation géométrique et pour une source ponctuelle, l'intensité sonore I perçue à une distance d de la source est reliée à la puissance sonore P de cette source par la relation : $I = \frac{P}{4\pi d^2}$ Avec P la puissance de l'onde sonore en watt et d la distance à la source en mètre.

1.1 Exprimer l'intensité sonore I_1 reçue par le conducteur 1 en fonction de la puissance sonore P et de d_1 puis exprimer l'intensité sonore I_2 reçue par le conducteur 2 en fonction de P et de d_2 .

1.2 À l'aide des données, montrer que l'atténuation géométrique $A_{\text{géo}}$ du conducteur 1 au conducteur 2 en décibels peut s'exprimer sous la forme : $A_{\text{géo}} = 10 \times \log\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$

1.3 Vérifier que l'atténuation $A_{\text{géo}}$ est égale à 9,8 dB.

Dans la suite, la valeur de l'atténuation $A_{\text{géo}}$ sera arrondie à 10 dB.

En plaçant son smartphone près de son oreille et en utilisant une application sonomètre, le conducteur 1 mesure un niveau d'intensité sonore $L_1 = (80 \pm 3)$ dB. Le conducteur 2 fait de même et mesure un niveau d'intensité sonore $L_2 = (68 \pm 3)$ dB.

1.4 À l'aide des mesures précédentes, calculer la valeur expérimentale A_{mesure} de l'atténuation géométrique.

Données :

- L'incertitude-type $u(A_{\text{mesure}})$ sur la grandeur A_{mesure} peut se calculer à partir de la relation : $u(A_{\text{mesure}}) = \sqrt{u(L_1)^2 + u(L_2)^2}$ avec $u(x)$ désigne l'incertitude-type associée à la grandeur x
- Le z-score noté z , correspond à l'écart entre le résultat de la mesure x et la valeur de référence x_{ref} évalué en nombre d'incertitude-type. $z = \frac{|x - x_{\text{ref}}|}{u(x)}$ Si le z-score z est inférieur à 2 alors x et x_{ref} sont considérés compatibles.

1.5 Calculer l'incertitude-type de l'atténuation A_{mesure} .

1.6 Comparer, en utilisant le z-score, l'atténuation $A_{\text{géo}}$ et l'atténuation mesurée A_{mesure} et conclure sur la compatibilité de ces deux valeurs.

Partie 2 . Étude du son perçu par les conducteurs de deux voitures ayant les fenêtres fermées

Dans cette partie, les deux conducteurs ferment entièrement leurs fenêtres et le conducteur 1 monte le volume de l'autoradio jusqu'à ce qu'il soit audible par le conducteur 2.

2.1 À l'atténuation géométrique $A_{\text{géo}}$ s'ajoute l'atténuation due à la fermeture des deux fenêtres $A_{\text{fenêtres}}$. Choisir la nature de cette nouvelle atténuation parmi les deux propositions suivantes :

- atténuation géométrique
- atténuation par absorption

Données :

- $A_{\text{fenêtres}} = 18$ dB (pour les deux fenêtres)
- Le conducteur 2 mesure maintenant un niveau d'intensité sonore L_2' égal à 63 dB.

2.2 Déterminer si le conducteur 1 est exposé à un niveau d'intensité sonore supérieur à la limite de nocivité.