T spé	Devoir surveillé N°1	Vendredi 25/09/2026

Nom et Prénom : ……..

Exercice 1 (6 points)

On s'intéresse à une salle de classe dont le niveau d'intensité sonore ambiant a été mesuré à la valeur L_{amb} = 35 dB lorsque les élèves sont totalement silencieux. L'enseignante fait cours, le niveau d'intensité sonore moyen de sa voix est de 70 dB à 1,0 m d'elle. On cherche à savoir si un élève situé au fond de la classe peut suivre le cours correctement.

Données :

- Seuil théorique d'audition de l'oreille humaine : $I_o = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W·m^{-2} ;
- Relation entre le niveau d'intensité sonore L et l'intensité sonore I : $L = 10 \log (I/I_o)$;
- L'intensité I d'une onde sonore issue d'une source ponctuelle s'atténue lors de l'éloignement de la source, en vérifiant à une distance d de la source la relation :

$$I = k/d^2,$$

où k est une constante qui dépend de la puissance de la source et de la géométrie de son émission ;

- Le dernier rang se trouve à 8,0 m de l'enseignante ;
- Pour que la voix de l'enseignante soit audible et se distingue correctement du bruit ambiant, il faut que son niveau d'intensité sonore soit de 15 dB supérieur au niveau d'intensité sonore du bruit ambiant.

Q1. À l'aide du texte introductif et des données, montrer que la valeur de l'intensité sonore reçue à 1,0 m de l'enseignante lorsqu'elle parle vaut $I_{1m} = 1{,}0 \times 10^{-5}$ W·m^{-2}. — 1

Q2. En utilisant la relation fournie dans les données, déduire que la valeur de l'intensité sonore émise par l'enseignante à 8,0 m, est environ $I_{8m} = 1{,}6 \times 10^{-7}$ W·m^{-2}. — 2

Q3. Rappeler comment se nomme ce type d'atténuation sonore. — 1

Q4. Montrer que le niveau d'intensité sonore de la voix de l'enseignante à 8,0 m vaut environ L_{8m} = 52 dB et conclure quant à l'audibilité de la voix de l'enseignante au dernier rang dans cette salle de classe lorsque les élèves sont silencieux. — 2

Exercice 2 (14 points)

Depuis quelques années, les apiculteurs sont confrontés à l'invasion de frelons asiatiques, qui s'attaquent aux abeilles de leur rucher. Pour s'en protéger, ils peuvent placer à proximité de la ruche une harpe électrique (figure 1) alimentée par un panneau solaire. Au contact de deux fils de la harpe, le frelon s'électrocute puis se noie dans un bac d'eau disposé en dessous de la harpe.

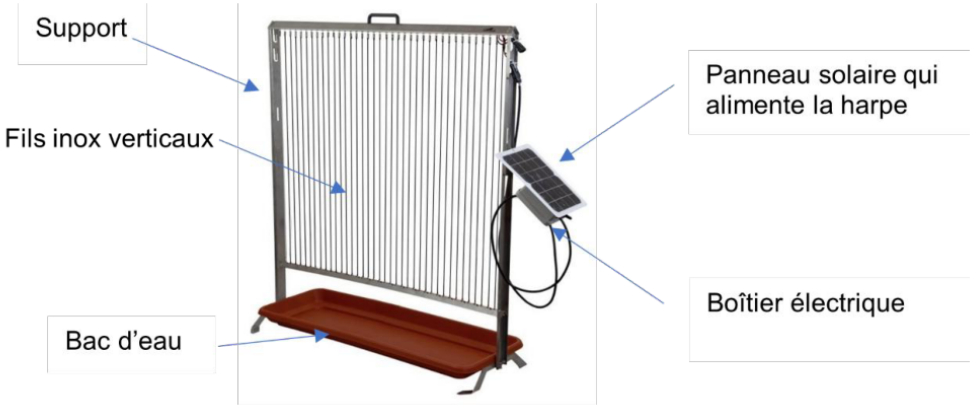

Figure 1 – Harpe électrique

La harpe électrique est composée de fils en inox verticaux espacés de 2,7 cm, largeur suffisante pour laisser passer les abeilles, mais pas les frelons asiatiques. Néanmoins, pour ne pas être vus par les frelons, les fils doivent avoir un diamètre maximum de l'ordre de grandeur de 0,5 mm.

Pour s'assurer de la valeur du diamètre d'un fil affichée à 0,45 mm sur une bobine pressentie pour fabriquer une harpe électrique, on utilise le dispositif schématisé sur la figure 2. Un fil de diamètre a est positionné sur le trajet d'un faisceau laser de longueur d'onde λ et un écran est placé à une distance D du fil. Une série de taches lumineuses apparaît sur l'écran.

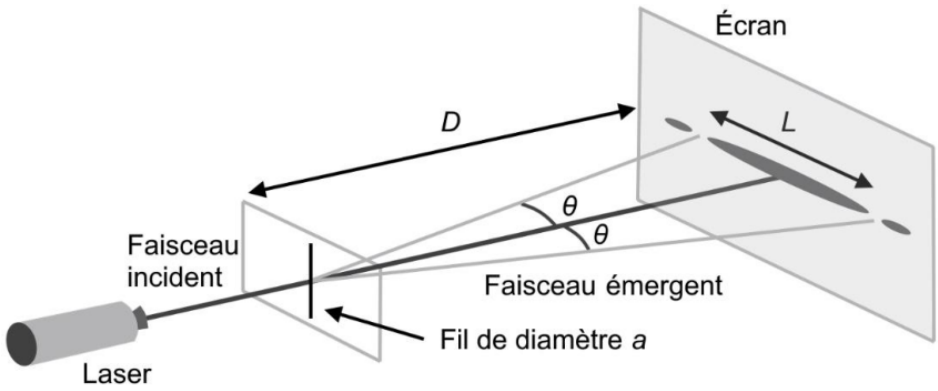

Figure 2 – Schéma du montage expérimental

La largeur L de la tache lumineuse centrale est directement mesurée sur l'écran. Les extrémités de cette tache centrale sont repérées par un angle θ défini par rapport à la direction du faisceau incident et celle du faisceau émergent.

Données :

Pour des angles θ très petits (exprimés en radians) :

- tan θ = θ
- L'angle θ dépend de la longueur d'onde λ du laser et du diamètre a du fil : θ = λ/a

Q.1. Nommer le phénomène physique observé sur l'écran. 1

Q.2. Exprimer l'angle caractéristique θ en fonction de la largeur L de la tache centrale et de la distance D, à l'aide de la figure 2 et en utilisant l'approximation des petits angles. 1

Q.3. En déduire la relation qui donne la largeur L de la tache centrale en fonction de la longueur d'onde λ, du diamètre a du fil et de la distance D entre le fil et l'écran. Montrer qu'il y a proportionnalité entre L et 1/a. 2

Pour déterminer précisément la valeur du diamètre du fil pressenti pour fabriquer la harpe, on réalise un étalonnage à l'aide de six fils calibrés de diamètre connu. Pour chacun d'eux, on mesure la largeur de la tache centrale L observée sur l'écran. On obtient le tableau de mesures suivant :

a(µm)	40	50	100	120	280	400
L (cm)	9,50	7,40	3,95	3,20	1,35	1,00

On trace le graphe L = f(1/a) :

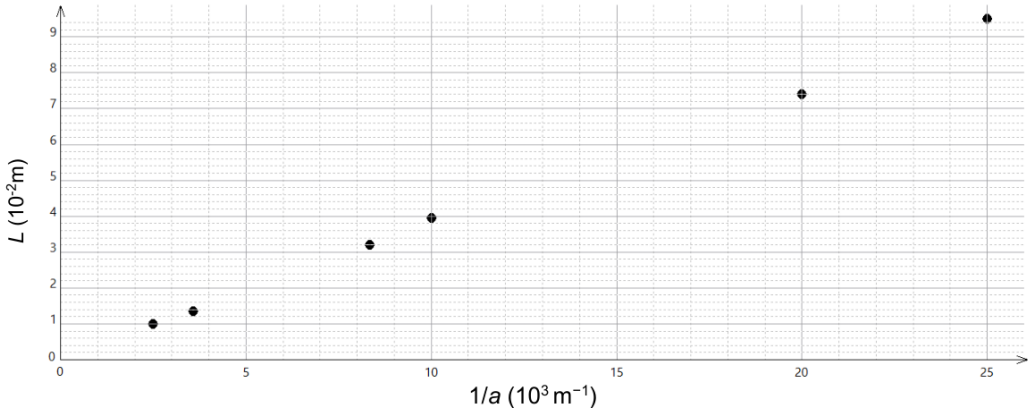

Figure 3 – Représentation graphique de L en fonction de 1/a

Q.4. Justifier que les résultats expérimentaux de la figure 3 sont compatibles avec la modélisation $L = k \times \frac{1}{a}$ où k est une constante. 2

Q.5. Déterminer la valeur de k en précisant la méthode utilisée. 2

Une modélisation de la série de mesures permet d'obtenir k = 3,85 × 10⁻⁶ m² et $u(k)$ = 0,05 × 10⁻⁶ m².
Le montage expérimental de la figure 2 est utilisé avec le fil dont on cherche à vérifier le diamètre (a). La mesure de la largeur de la tache centrale pour ce fil est L = 8,0 mm avec une incertitude-type $u(L)$ = 0,5 mm.

Q.6. Calculer la valeur du diamètre a de ce fil à partir de la modélisation. 1,5

L'incertitude-type $u(a)$ sur la valeur a du diamètre expérimental du fil est donnée, dans les conditions de la série de mesures, par la relation suivante :

$$u(a) = a \times \sqrt{\left(\frac{u(k)}{k}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

Pour décider de la compatibilité du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $\left|\frac{x_{réf} - x}{u(x)}\right|$ où x est la valeur mesurée, $x_{réf}$ la valeur de référence et $u(x)$ l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x.

Q.7. Calculer la valeur de l'incertitude-type $u(a)$ associée à la valeur expérimentale de a puis écrire le résultat de la mesure de a avec un nombre de chiffres significatifs cohérents avec son incertitude-type. 2,5

Q.8. Vérifier que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence affichée sur la bobine ($a_{réf}$ = 0,45 mm). Conclure quant à l'usage ou non de ce fil pour construire une harpe électrique. 2

Correction du Devoir Surveillé N°1

Exercice 1 : Audibilité au fond de la classe (6 points)

Q1. Calcul de l'intensité sonore à 1,0 m

D'après la définition du niveau d'intensité sonore :

$$L = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Ce qui équivaut à :

$$\frac{L}{10} = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

En utilisant la fonction réciproque du logarithme décimal (10^x) :

$$\frac{I}{I_0} = 10^{\frac{L}{10}} \Longrightarrow I = I_0 \cdot 10^{\frac{L}{10}}$$

Pour la voix de l'enseignante à $d_1 = 1{,}0\ \text{m}$, avec $L_{1\text{m}} = 70\ \text{dB}$ et $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$:

$$I_{1\text{m}} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{70}{10}} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{7} = 1{,}0 \times 10^{-5}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

On retrouve bien la valeur cherchée : $I_{1\text{m}} = 1{,}0 \times 10^{-5}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Q2. Déduction de l'intensité sonore à 8,0 m

D'après l'énoncé, l'intensité sonore vérifie la relation $I = \frac{k}{d^2}$.

- À la distance $d_1 = 1{,}0\ \text{m}$: $I_{1\text{m}} = \frac{k}{d_1^2} \Longrightarrow k = I_{1\text{m}} \cdot d_1^2$
  donc $k = 1{,}0 \times 10^{-5} \times 1^2 = 1{,}0 \times 10^{-5}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
- À la distance $d_2 = 8{,}0\ \text{m}$: $I_{8\text{m}} = \frac{k}{d_2^2}$

$$I_{8\text{m}} = \frac{1{,}0 \times 10^{-5}}{8^2} \approx 1{,}5625 \times 10^{-7}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Soit $I_{8\text{m}} = 1{,}6 \times 10^{-7}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Q3. Nom de l'atténuation sonore

Ce type d'atténuation s'appelle une **atténuation géométrique** (due à la répartition de la puissance sonore sur des surfaces sphériques de plus en plus grandes au fur et à mesure de la propagation).

Q4. Niveau d'intensité sonore à 8,0 m et conclusion

1. Calcul de $L_{8\mathrm{m}}$:

$$L_{8\mathrm{m}} = 10\log\left(\frac{I_{8\mathrm{m}}}{I_0}\right)$$

$$L_{8\mathrm{m}} = 10\log\left(\frac{1{,}5625 \times 10^{-7}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right) = 10\log(1{,}5625 \times 10^{5}) \approx 51{,}9\ \mathrm{dB}$$

Soit $L_{8\mathrm{m}} = 52\ \mathrm{dB}$.

2. Analyse de l'audibilité :

Le niveau d'intensité sonore du bruit ambiant vaut $L_{\mathrm{amb}} = 35\ \mathrm{dB}$. Pour que la voix de l'enseignante soit audible et se distingue du bruit ambiant, il faut que son niveau d'intensité sonore dépasse d'au moins $15\ \mathrm{dB}$ celui du bruit ambiant :

$$L_{\mathrm{seuil}} = 35 + 15 = 50\ \mathrm{dB}$$

Comme $L_{8\mathrm{m}} = 52\ \mathrm{dB} > 50\ \mathrm{dB}$, le niveau sonore de la voix de l'enseignante au dernier rang est suffisant.

Conclusion : Un élève situé au dernier rang ($8{,}0\ \mathrm{m}$) pourra suivre le cours correctement lorsque les élèves sont silencieux.

Exercice 2 : Dimensionnement d'un fil pour harpe électrique (14 points)

Q1. Nom du phénomène physique

Le phénomène physique observé sur l'écran est la **diffraction** de la lumière par le fil.

Q2. Expression de l'angle caractéristique θ

Dans le triangle rectangle formé par le fil, le centre de l'écran et l'une des deux extrémités de la tache centrale :

$$\tan\theta = \frac{\frac{L}{2}}{D} = \frac{L}{2D}$$

D'après les données, pour des angles θ très petits exprimés en radians, $\tan\theta \approx \theta$.

On en déduit :

$$\theta = \frac{L}{2D}$$

Q3. Relation pour la largeur L et démonstration de la proportionnalité

D'après les données de l'énoncé, on a également :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

En égalisant les deux expressions de θ :

$$\frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a} \Longrightarrow L = \frac{2\lambda D}{a}$$

Cette formule s'écrit sous la forme :

$$L = (2\lambda D) \times \frac{1}{a}$$

Les grandeurs λ et D étant maintenues constantes durant l'expérience, le produit $2\lambda D$ est une constante. On a donc bien une relation de proportionnalité entre L et $\frac{1}{a}$.

Q4. Justification de la compatibilité des résultats expérimentaux

Les points expérimentaux représentés sur le graphique $L = f(1/a)$ (figure 3) sont alignés le long d'une **droite qui passe par l'origine**. Cela confirme la relation de proportionnalité de la forme $L = k \cdot \frac{1}{a}$, où k est une constante.

Q5. Détermination de la valeur de k

La constante k représente le coefficient directeur (ou la pente) de la droite $L = f(1/a)$.

Choisissons deux points pour calculer cette pente : - L'origine $O(0\ \mathrm{m^{-1}}\ ;\ 0\ \mathrm{m})$ - Le point extrême A mesuré sur la droite : pour $\frac{1}{a} = 25 \times 10^{3}\ \mathrm{m^{-1}}$, la valeur correspondante est $L = 9{,}5 \times 10^{-2}\ \mathrm{m}$.

Calcul du coefficient directeur k :

$$k = \frac{9{,}5 \times 10^{-2} - 0}{25 \times 10^{3} - 0} = \frac{9{,}5 \times 10^{-2}}{25 \times 10^{3}} = 3{,}8 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$$

Q6. Calcul du diamètre a du fil testé

À partir de la modélisation $L = \frac{k}{a}$, on exprime le diamètre a :

$$a = \frac{k}{L}$$

Données pour le fil testé : - $k = 3{,}85 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$ - $L = 8{,}0\ \text{mm} = 8{,}0 \times 10^{-3}\ \text{m}$

Application numérique :

$$a = \frac{3{,}85 \times 10^{-6}}{8{,}0 \times 10^{-3}} = 4{,}8125 \times 10^{-4}\ \text{m} = 0{,}48125\ \text{mm}$$

Q7. Calcul de l'incertitude-type $u(a)$ et écriture du résultat

1. Calcul de l'incertitude-type $u(a)$:

$$u(a) = a \cdot \sqrt{\left(\frac{u(k)}{k}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

Avec : - $a = 4{,}8125 \times 10^{-4}\ \text{m}$ - $k = 3{,}85 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$ et $u(k) = 0{,}05 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$ - $L = 8{,}0 \times 10^{-3}\ \text{m}$ et $u(L) = 0{,}5 \times 10^{-3}\ \text{m}$

$$u(a) = 4{,}8125 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}05 \times 10^{-6}}{3{,}85 \times 10^{-6}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}5 \times 10^{-3}}{8{,}0 \times 10^{-3}}\right)^2}$$

$$u(a) = 4{,}8125 \times 10^{-4} \times \sqrt{(0{,}01299)^2 + (0{,}0625)^2} \approx 3{,}07 \times 10^{-5}\ \text{m} = 0{,}0307\ \text{mm}$$

En arrondissant l'incertitude-type **par excès** à **un seul chiffre significatif** :

$$u(a) = 0{,}04\ \text{mm} \quad (\text{ou } 4 \times 10^{-5}\ \text{m})$$

2. Écriture du résultat mesuré :

Le dernier chiffre significatif du résultat mesuré doit avoir le même rang décimal que l'incertitude-type :

$$a = 0{,}48\ \text{mm}\ \ avec \quad u(a) = 0{,}04\text{mm}$$

Q8. Test de compatibilité et conclusion sur l'usage du fil

1. Calcul du z-score :

$$\mathrm{z-score} = \frac{|a_{\mathrm{réf}} - a|}{u(a)}$$

Avec $a_{\mathrm{réf}} = 0{,}45\ \mathrm{mm}$, $a = 0{,}48\ \mathrm{mm}$ et $u(a) = 0{,}03\ \mathrm{mm}$:

$$\mathrm{z-score} = \frac{|0{,}45 - 0{,}48|}{0{,}04} = 0{,}8$$

2. Analyse :

Le z-score est inférieur ou égal à 2. Le résultat de la mesure est donc tout à fait **compatible** avec la valeur de référence affichée sur la bobine ($a_{\mathrm{réf}} = 0{,}45\ \mathrm{mm}$).

3. Conclusion quant à l'utilisation du fil :

L'énoncé indique que les fils doivent avoir un diamètre maximal de l'ordre de grandeur de $0{,}5\ \mathrm{mm}$ pour ne pas être vus par les frelons. Le diamètre mesuré ($0{,}48\ \mathrm{mm}$) étant inférieur à $0{,}5\ \mathrm{mm}$, ce fil convient parfaitement pour fabriquer une harpe électrique.