TSpé	Devoir surveillé N° 1	Mercredi 22/09/21

Nom et Prénom :……..

Exercice 1 : Niveau sonore et scène de concert (10 points)

Pour contrôler le niveau d'intensité sonore lors d'un concert, un technicien a placé une première enceinte au bord de la scène. Un son est produit avec une puissance sonore P égale à $4{,}0 \times 10^{-1}$ W.

On fait l'hypothèse que le son est uniformément réparti sur une **demi-sphère** de rayon *r* centrée sur l'enceinte.

Données :

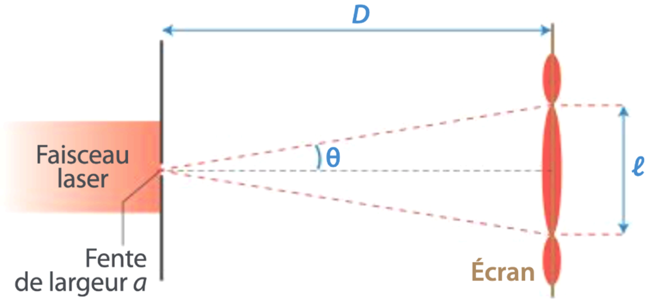
- Surface d'une demi-sphère de rayon r : $S = \frac{4\times\pi\times r^2}{2}$
- Le seuil d'audibilité est : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ W.m^{-2}$

1.a. Déterminer l'intensité sonore I_1 du son reçu par un spectateur placé à 1,0 m de l'enceinte.	1
1.b. Déterminer l'intensité sonore I_2 du son reçu par un spectateur placé à 4,0 m de l'enceinte	0,5
2.a. Déterminer le niveau d'intensité sonore dans les deux cas.	2
2.b. Déterminer l'atténuation correspondante. Préciser et justifier le type d'atténuation.	2
3. Le technicien place ensuite une deuxième enceinte identique à la première à côté de celle-ci. Les deux enceintes sont à 4,0 m du spectateur.	
3.a. Déterminer le niveau d'intensité sonore L_3 du son perçu par le spectateur dans cette nouvelle situation.	1,5
Pour la durée d'un concert, le seuil de danger est estimé à un niveau d'intensité sonore L_{danger} = 90 dB.	
3.b. Déterminer l'intensité sonore I_{danger}.	1,5
3.c. A quelle distance doit se positionner le spectateur pour éviter tout souci auditif ?	1,5

Exercice 2 : Un laser à travers une fente (10 points)

On éclaire, dans l'air, une fente de largeur *a* à l'aide d'un faisceau laser émettant une radiation de longueur d'onde λ.

Document 1 : Dispositif de l'expérience



Document 2 : Figure observée

Document 3 : Données du constructeur du laser

$$\lambda_{ref} = 650\ nm$$

Données :

- Largeur de la fente utilisée : $a = 60{,}0\ \mu m$ avec une incertitude-type $u(a) = 0{,}1\ \mu m$
- Distance fente écran : $D = 2{,}0\ m$ avec une incertitude-type $u(D) = 0{,}1\ m$
- Largeur de la tache centrale : $\ell = 4{,}2\ cm$ avec une incertitude-type $u(\ell) = 0{,}1\ cm$
- Incertitude-type sur la mesure de la longueur d'onde : $u(\lambda) = \lambda \times \sqrt{\left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$
- Pour un angle θ petit (en radian) on a : tan θ ≈ sin θ ≈ θ

1. Comment se nomme le phénomène observé ? 0,5

2. Quelle est la condition à respecter pour observer ce phénomène dans le cas d'ondes électromagnétiques ? 0,5

3. L'angle θ étant petit, montrer que la largeur de la fente peut s'écrire sous la forme : 2,5

$$\ell = \frac{2 \times D \times \lambda}{a}$$

4. a. Déterminer la longueur d'onde λ ainsi que son incertitude-type à partir des mesures expérimentales. Vous donnerez le résultat de la longueur d'onde avec un nombre de chiffres significatifs en accord avec l'incertitude-type. 3,5

b. Vérifier la compatibilité de λ la longueur d'onde mesurée avec λ_{ref} la valeur donnée par le constructeur en calculant quotient $\frac{|\lambda_{ref} - \lambda|}{u(\lambda)}$. 2

5. Un élève souhaite observer l'influence de la largeur de la fente sur la tache centrale.
Il utilise une fente de largeur différente ❷ de celle étudiée précédemment ❶. 1
Les deux figures étant reproduites à la même échelle, la fente ❷ est-elle plus grande ou plus petite que la fente ❶. Justifier.

❶ 

❷ 

CORRECTION

Exercice 1 : Niveau sonore et scène de concert (points)

1. a. L'intensité sonore du son reçu par un spectateur placé à 1,0 m de l'enceinte est :

$$I = \frac{P}{S} = \frac{4{,}0 \times 10^{-1}\ \text{W}}{\dfrac{4\pi \times 1{,}0^2\ \text{m}^2}{2}}$$ soit $I = 6{,}4 \times 10^{-2}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ (son uniformément réparti sur une demi-sphère).

b. Si le spectateur est placé à 4,0 m de l'enceinte, l'intensité sonore devient :

$$I' = \frac{P}{S'} = \frac{4{,}0 \times 10^{-1}\ \text{W}}{\dfrac{4\pi \times 4{,}0^2\ \text{m}^2}{2}}$$ soit $I' = 4{,}0 \times 10^{-3}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

2. a. Le niveau d'intensité sonore à 1,0 m de l'enceinte est :

$L = 10 \log\left(\dfrac{I}{I_0}\right)$ donc $L = 10 \log\left(\dfrac{6{,}4 \times 10^{-2}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}}{1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}}\right)$

soit $L = 108$ dB.

À 4,0 m, le niveau d'intensité sonore sera : $L' = 10 \log\left(\dfrac{I'}{I_0}\right)$.

Donc $L' = 10 \log\left(\dfrac{4{,}0 \times 10^{-3}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}}{1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}}\right)$ soit $L' = 96$ dB.

Plus on s'éloigne de l'enceinte, plus le niveau sonore diminue.

b. L'atténuation géométrique est :

$A = 108\ \text{dB} - 96\ \text{dB} = 12$ dB.

3. a. En plaçant une deuxième enceinte identique à la première à côté de celle-ci, les intensités sonores s'ajoutent : $I'' = 2 \times I'$.

Donc $I'' = 2 \times 4{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$ soit $I'' = 8{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$.
À 4,0 m, le niveau d'intensité sonore sera :

$$L'' = 10 \log\left(\frac{I''}{I_0}\right) \text{ donc } L'' = 10 \log\left(\frac{8{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}}{1{,}0 \times 10^{-12}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}}\right)$$

soit $L = 99$ dB.

b. La puissance sonore P répartie sur une surface S est :

$$P'' = I \times S \text{ ; donc } P'' = 8{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}} \times \frac{4\pi \times 4{,}0^2\ \mathrm{m^2}}{2}$$

soit $P'' = 8{,}0 \times 10^{-1}$ W.

On constate que P double en mettant deux enceintes identiques l'une à côté de l'autre.
Le seuil de danger est estimé à 90 dB.

• On calcule l'intensité sonore correspondant au seuil de danger :

$I''' = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$.

Donc $I''' = 1 \times 10^{-12}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}} \times 10^{\frac{90\,\mathrm{dB}}{10}}$
soit $I''' = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$.

• On détermine la distance pour laquelle le spectateur n'a plus de risque auditif, la puissance sonore P'' ne variant pas. Cette surface est celle d'une demi-sphère de rayon r.

On a donc : $S = \dfrac{4\pi \times r^2}{2} = \dfrac{P''}{I'''}$ d'où $r = \sqrt{\dfrac{2 \times P''}{4\pi \times I'''}}$.

Donc $r = \sqrt{\dfrac{2 \times 8{,}0 \times 10^{-1}\ \mathrm{W}}{4\pi \times 1{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}}}$ soit $r = 11$ m.

Le spectateur doit être à 11 mètres de l'enceinte.

Exercice 2 : Un laser à travers une fente (points)

Préparation à l'ECE

1. Ce phénomène est le phénomène de diffraction.

2. D'après le schéma, on a : $\tan\theta = \frac{\ell}{2 \times D}$. De plus, comme l'angle θ est petit, $\tan\theta = \theta$ (en radian) d'où $\theta = \frac{\ell}{2 \times D}$.

L'angle θ étant petit, on a aussi $\sin\theta = \theta$ (en radian) et donc $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

On peut écrire alors $\frac{\ell}{2 \times D} = \frac{\lambda}{a}$ d'où $\lambda = \frac{\ell \times a}{2 \times D}$.

3. a. La longueur d'onde λ de la radiation émise par le laser est :

$$\lambda = \frac{4{,}2 \times 10^{-2}\,\text{m} \times 60{,}0 \times 10^{-6}\,\text{m}}{2 \times 2{,}00\,\text{m}} = 6{,}3 \times 10^{-7}\,\text{m}$$

soit environ 630 nm.

L'incertitude-type sur la longueur d'onde est :

$$u(\lambda) = \lambda \times \sqrt{\left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

$$u(\lambda) = 630 \times 10^{-9}\ \text{m} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}1\ \mu\text{m}}{60{,}0\ \mu\text{m}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1\ \text{cm}}{4{,}2\ \text{cm}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1\ \text{m}}{2{,}0\ \text{m}}\right)^2}$$

4×10^{-8} m en arrondissant par excès.

b. L'encadrement de la longueur d'onde est :
$5{,}9 \times 10^{-7}\ \text{m} < \lambda < 6{,}7 \times 10^{-7}\ \text{m}$.

c. L'indication du constructeur pour la longueur d'onde est 630 à 650 nm ; l'encadrement obtenu est compatible avec celui du constructeur.

4. La largeur ℓ de la tache centrale de diffraction diminue lorsque la largeur a de la fente augmente puisque : $\ell = \frac{2 \times \lambda \times D}{a}$. La largeur de la fente b est donc plus grande que celle de la fente a.