Révision 03 – Intensité sonore – Diffraction – Interférences- Corrigé

*1- Extrait de Sujet -**24-PYCJ2ME1***

3. Entendre l'arbitre lors du match

Q16. Le bruit ambiant est de 80 dB.

Le joueur le plus éloigné, à d_1 = 20 m, doit percevoir un son de sifflet de niveau sonore supérieur à L_1 = 83 dB.

On peut déterminer l'intensité sonore I_1 qui correspond et en déduire la puissance sonore que doit produire le sifflet.

$$L_1 = 10.\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$$

$$\frac{L_1}{10} = \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$$

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{\frac{L_1}{10}}$$

$$I_1 = I_0 \times 10^{\frac{L_1}{10}}$$

$$I_1 = 10^{-12} \times 10^{\frac{83}{10}} = 10^{-12+8,3} = 10^{-3,7}\ \mathrm{W.m^{-2}}$$

on n'arrondit pas ce résultat intermédiaire.

On peut en déduire P :

$$I_1 = \frac{P}{4.\pi.d_1^2} \quad \text{donc } P = I_1.4.\pi.d_1^2$$

On peut calculer I_2 à la distance d_2 =1,0 m correspondant au joueur remplaçant.

$$I_2 = \frac{P}{4.\pi.d_2^2} = \frac{I_1.4.\pi.d_1^2}{4.\pi.d_2^2} = \frac{I_1.d_1^2}{d_2^2}$$

$$I_2 = \frac{10^{-3,7} \times 20^2}{1,0^2} = 8,0\times10^{-2}\ \mathrm{W.m^{-2}}$$

$10^{-3.7}*20^2 = 7.98104926\mathrm{E}{-2}$

Enfin on calcule le niveau sonore L_2

$$L_2 = 10.\log\left(\frac{I_2}{I_0}\right)$$

$$L_2 = 10.\log\left(\frac{7,9810..\times10^{-2}}{1,0\times10^{-12}}\right) = 109\ \mathrm{dB}$$

$10*\log\left(\frac{7.98104926\mathrm{E}{-2}}{1\mathrm{E}{-12}}\right) = 1.090205999\mathrm{E}2$

Le joueur le plus proche perçoit le sifflet avec un niveau d'intensité sonore de 109 dB.

La figure 5 montre que cela est supérieur au seuil de danger.

Le remplaçant devrait porter des protections auditives.

On sait bien que cela n'est pas le cas en réalité, en effet le joueur risquerait alors de ne plus entendre ses coéquipiers. Ce qui poserait un problème pour le jeu.

*2- Exercice 2 - Centres étrangers Sujet 1- **PYCG22BIS - 2024***

Exercice 2 – SECURITE ACOUSTIQUE (5 points)

1. Risque sonore du canon anti-grêle

Q.1. D'après l'énoncé, $I = \frac{P}{4\times\pi\times d^2}$ donc $I_1 = \frac{503}{4\times\pi\times1{,}00^2} = 40{,}0\ \mathrm{W.m^{-2}}$

$\frac{503}{4\pi} = 4.002746819\mathrm{E}1$

$10*\log\left(\frac{4.002746819\mathrm{E}1}{1\mathrm{E}{-12}}\right) = 1.360235812\mathrm{E}2$

Q.2. Par définition, $L = 10\times\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ donc $L = 10\times\log\left(\frac{40{,}0}{1{,}0\times10^{-12}}\right) = 136$ dB CQFD

Q.3. D'après l'énoncé, le canon émet des ondes de choc brèves : on se situe donc dans la situation bruits courts entre 135 et 137 dB : la personne doit porter des protections individuelles contre le bruit, se renseigner sur les risques et éventuellement faire un bilan audiométrique préventif.

Q.4. Sur le document, la distance HC mesure 11,4 cm.

En tenant compte de l'échelle (1 cm correspond à 100 m) : $d_2 = 11{,}4\times100 = 1{,}14\times10^3\ \mathrm{m}$.

Rq : les paramètres d'impression de l'imprimante peuvent modifier la distance mesurée d'où l'intérêt d'utiliser l'échelle graduée du document.

$136-20*\log\left(\frac{1.14\mathrm{E}3}{1.00}\right) = 7.486190297\mathrm{E}1$

D'après l'énoncé $L_2 = L_1 - 20\times\log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$ donc $L_2 = 136 - 20\times\log\left(\frac{1{,}14\times10^3}{1{,}00}\right) = 75$ dB

Q.5. On se situe donc dans la situation d'un niveau sonore inférieur à 80 dB, donc il n'y a pas de risque sonore lié au niveau sonore.

Q.6. D'après l'énoncé, l'émergence sonore vaut : $\varepsilon_S = L_2 - L_H$ soit ici $\varepsilon_S = 75 - 65 = 10$ dB

Q.7. L'émergence sonore est largement supérieure aux 5 dB maximum (le jour) préconisés par le code de la santé publique : le canon est donc une source de stress pour les personnes situées à 1,14 km.

2. Réduction du risque au moyen d'un silencieux

Q.8. Dans notre cas, le meilleur matériau est celui qui présente le meilleur coefficient d'absorption pour une fréquence de 1000 Hz : il s'agit de la mousse faces lisses 30 mm (b)).

Q.9. Avec une atténuation de 14 dB du bruit à travers les parois du canon, le niveau sonore émis par le canon est de L = 136 – 14 = 122 dB.

On reprend la formule précédente $L_2 = L_1 - 20\times\log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$ en prenant L_1 = 122 dB.

$$L_2 = 122 - 20\times\log\left(\frac{1{,}14\times10^3}{1{,}00}\right) = 61\ \mathrm{dB}$$

$122-20*\log\left(\frac{1.14\mathrm{E}3}{1.00}\right) = 6.086190297\mathrm{E}1$

Le niveau sonore reçu au niveau de l'habitation H n'est plus que de 61 dB : il est inférieur au niveau sonore ambiant (L_H = 65 dB) donc ne provoque plus de stress (l'émergence sonore est négative).

Rq : il est fort probable que le niveau sonore ambiant soit inférieur à 65 dB la nuit et que l'émerge sonore dépasse 3 dB dans ce cas).

3- *Exercice 3- 24-PYCJ1G11*

Jour 1 EXERCICE 2 : utilisation d'un laser comme instrument de mesure (6 points)

1. Vérification de la longueur d'onde d'un laser

Q.1. Exprimer, à l'aide de la figure 1, l'angle de diffraction θ en fonction de la largeur L de la tache centrale et de la distance D.

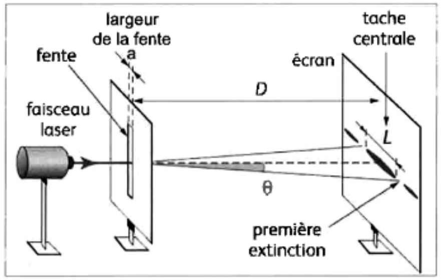


Figure 1 : montage de diffraction

D'après la figure 1, on a :

$$\tan\theta = \frac{opp.}{adj.} = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}.$$

Approximation des petits angles : tan $\theta \approx \theta$.

Finalement : $\boxed{\theta \approx \frac{L}{2D}}$

Q.2. Déduire des informations précédentes la valeur de la longueur d'onde λ_{laser} du laser utilisé. Justifier.

Théorie de la diffraction : $\boxed{\theta = \frac{\lambda_{laser}}{a}}$.

Le graphe $\theta = f(1/a)$ est une droite qui passe par l'origine.

On peut modéliser le graphe par une fonction linéaire de la forme : $\boxed{\theta = k \times \frac{1}{a}}$

avec $k = 6{,}41 \times 10^{-7}$ m.

En égalant les deux expressions de θ, on a : $\lambda_{laser} = k$

soit $\lambda_{laser} = 6{,}41 \times 10^{-7}$ m $= 641 \times 10^{-2} \times 10^{-7} = 641 \times 10^{-9}$ m $= 641$ nm.

Q.3. Indiquer si la valeur mesurée est en accord avec la longueur d'onde $\lambda_{réf}$ = 650 nm indiquée sur la notice par le constructeur.

Calculons le quotient : $z = \left| \frac{\lambda_{laser} - \lambda_{réf}}{u(\lambda_{laser})} \right|$.

$\frac{650-641}{5.7}$ 1.578947368

Comme $\lambda_{laser} = k$ alors $u(\lambda_{laser}) = u(k) = 5{,}7 \times 10^{-9}$ m = 5,7 nm (Valeur lue sur la figure 3).

$\left| \frac{\lambda_{laser} - \lambda_{réf}}{u(\lambda_{laser})} \right| = \left| \frac{641 - 650}{5{,}7} \right| \approx 1{,}6 < 2$ *en conservant deux chiffres significatifs*.

L'écart entre la valeur de la longueur du laser mesurée et la valeur de la longueur d'onde de référence est inférieure à deux fois l'incertitude-type. La valeur de la longueur du laser mesurée est en accord avec la valeur de la longueur d'onde de référence indiquée sur la notice par le constructeur.

2. Mesure de la taille d'une maille rectangulaire d'un voile polyester

Q.4. Évaluer les valeurs des interfranges, i et i', à l'aide des dimensions figurant sur la figure 6.

L'interfrange i est la distance séparant les centres de deux franges brillantes ou sombres consécutives.

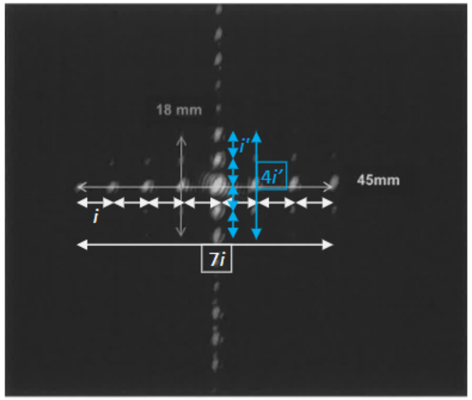


Figure 6 : interférences obtenues avec le voile

Sur l'axe horizontal, on mesure 45 mm pour 7 interfranges soit : $7i$ = 45 mm.

$i = \frac{45\ mm}{7} \approx 6{,}4$ mm *en conservant deux chiffres significatifs*.

Sur l'axe vertical, on mesure 18 mm pour 4 interfranges soit : $4i'$ = 18 mm.

$i' = \frac{18\ mm}{4} = 4{,}5$ mm.

45/7 6.428571429

18/4 4.5

Q.5. En déduire les valeurs des dimensions b et b' du voile utilisé, ainsi que leurs incertitudes associées, en considérant les incertitudes-types sur i et i' : $u(i) = u(i')$ = 0,1 mm. Écrire les résultats avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

$i = \frac{\lambda \times D'}{b}$ donc $b = \frac{\lambda \times D'}{i}$ soit $b = \frac{650 \times 10^{-9} \times 6{,}17}{\left(\frac{45 \times 10^{-3}}{7}\right)}$ m $= 6{,}2 \times 10^{-4}$ m.

$i' = \frac{\lambda \times D'}{b'}$ donc $b' = \frac{\lambda \times D'}{i'}$ soit $b' = \frac{650 \times 10^{-9} \times 6{,}17}{\left(\frac{18 \times 10^{-3}}{4}\right)}$ m $= 8{,}9 \times 10^{-4}$ m.

$\frac{650E-9*6.17}{\frac{45E-3}{7}}$ 6.238555556E-4

$\frac{650E-9*6.17}{\frac{18E-3}{4}}$ 8.912222222E-4

On remarque que $b < b'$ ce que montre bien le schéma de la figure 4.

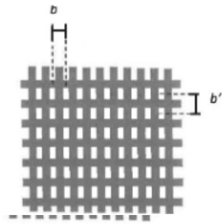


Figure 4. Schéma du maillage du voile

$$\frac{u(b)}{b} = \sqrt{\left(\frac{u(D')}{D'}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2}$$

donc $u(b) = b \times \sqrt{\left(\frac{u(D')}{D'}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2}$.

$$u(b) = 6{,}2 \times 10^{-4} \sqrt{\left(\frac{0{,}03}{6{,}17}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1}{\left(\frac{45}{7}\right)}\right)^2 + \left(\frac{20}{650}\right)^2} \approx 3 \times 10^{-5} \text{ m} = 0{,}3 \times 10^{-4} \text{ m}.$$

en arrondissant à un chiffre significatif par excès.

$6.2E-4*\sqrt{\left(\frac{0.03}{6.17}\right)^2+\left(\frac{0.1}{\frac{45}{7}}\right)^2+\left(\frac{20}{650}\right)^2}$ 2.158777515E-5

$$u(b') = 8{,}9 \times 10^{-4} \sqrt{\left(\frac{0{,}03}{6{,}17}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1}{\left(\frac{18}{4}\right)}\right)^2 + \left(\frac{20}{650}\right)^2} \approx 4 \times 10^{-5} \text{ m} = 0{,}4 \times 10^{-4} \text{ m}.$$

$8.9E-4*\sqrt{\left(\frac{0.03}{6.17}\right)^2+\left(\frac{0.1}{\frac{18}{4}}\right)^2+\left(\frac{20}{650}\right)^2}$ 3.405589469E-5

Finalement : $b = (6{,}2 \pm 0{,}3) \times 10^{-4}$ m et $b' = (8{,}9 \pm 0{,}4) \times 10^{-4}$ m.

Q.6. Expliquer pourquoi la distance D utilisée dans le montage de la partie 1 a dû être remplacée par une distance D' pour effectuer la mesure de la partie 2.

Dans la partie 1, la distance D est la distance fente – écran.

Les fentes ont une largeur comprise entre 30 µm et 200 µm.

Dans la partie 2, la distance D' est la distance maille – écran.

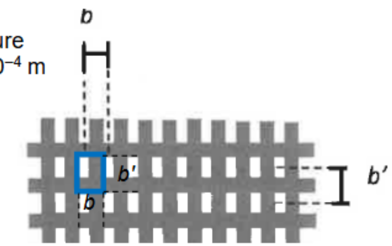
Les mailles sont bien plus larges que les fentes précédentes, puisqu'elles mesurent $b = 6{,}2 \times 10^{-4}$ m $= 6{,}2 \times 10^2$ µm et $b' = 8{,}9 \times 10^2$ µm.

Ainsi les interfranges sont de plus petite dimension que les taches centrales précédentes.

Elles sont sans doute trop petites pour être mesurées correctement. En augmentant la distance, on augmente la largeur des interfranges et on améliore la précision relative de leur mesure.

Q.7. Estimer le nombre d'ouvertures par cm² du voile polyester testé. Indiquer s'il est utilisable comme moustiquaire anti-pollen selon l'ECARF.

Un moustiquaire anti-pollen doit comporter à minima : 3×50 = 150 ouvertures par cm^2.



Considérons la surface du cadre bleu, il contient une ouverture

La surface du cadre bleu est S = $b \times b' = 6{,}2\times10^{-4}$ m × $8{,}9\times10^{-4}$ m

$S = 6{,}2\times10^{-2}$ cm × $8{,}9\times10^{-2}$ cm = $5{,}6\times10^{-3}$ cm^2.

```
6.238555556E-2*8.91222222▸
            5.559939346E-3
```

Ainsi :

1 ouverture ⇔ $5{,}6\times10^{-3}$ cm².

N ouvertures ⇔ 1 cm².

$N = \dfrac{1}{5{,}6\times10^{-3}}$ = 180 ouvertures par cm².

```
1/5.559939346E-3
            1.798580772E2
```

N > 150 ouvertures par cm^2. Le polyester testé est utilisable comme moustiquaire anti-pollen.

<u>Remarque</u> : en tenant compte des incertitudes sur b et b', et en majorant ces valeurs :

$b = (6{,}2 \pm 0{,}3)\times10^{-4}$ m $\Rightarrow b_{max} = 6{,}5\times10^{-4}$ m $= 6{,}5\times10^{-2}$ cm

$b' = (8{,}9 \pm 0{,}4)\times10^{-4}$ m $\Rightarrow b'_{max} = 9{,}3\times10^{-4}$ m $= 9{,}3\times10^{-2}$ cm

Ainsi :

1 ouverture ⇔ $6{,}5\times10^{-2}\times9{,}3\times10^{-2}$ cm².

N ouvertures ⇔ 1 cm².

$N = \dfrac{1}{6{,}5\times10^{-2}\times9{,}3\times10^{-2}}$ = 164 ouvertures par cm².

```
6.538555556E-2*9.312222222
            6.088848235E-3
1/6.088848235E-3
            1.642346732E2
```

N > 150 ouvertures par cm^2. Même conclusion.

3. Vitesse d'un coup droit smashé au tennis de table

Q.15. Expliquer pourquoi la situation illustre l'effet Doppler.

Le cinémomètre émet une onde électromagnétique qui va se réfléchir sur la balle.

La balle étant en mouvement, elle se comporte comme un émetteur qui se rapproche du récepteur. Dans cette situation, en raison de l'effet Doppler, la fréquence réfléchie par la balle sera modifiée.

Q.16. Déterminer le signe du décalage Doppler dans la situation où la balle smashée s'approche du cinémomètre.

On a en tête le son de la sirène d'une ambulance qui s'approche de nous. Elle nous paraît plus aigue à l'approche, donc sa fréquence est plus élevée.

Si on considère que le décalage Doppler est $\Delta f = f_R - f_0$, à l'approche on a $f_R > f_0$ donc $\Delta f > 0$.

Suite au smash réalisé par un joueur amateur, l'appareil mesure un décalage Doppler dont la valeur absolue est |Δf| = 4470 Hz.

Q.17. Calculer la vitesse de ce smash.

$|\Delta f| = 2\times f_0 \times \dfrac{v}{c_{onde}}$ donc $v = \dfrac{|\Delta f|\times c_{onde}}{2\times f_0}$

L'onde émise par le cinémomètre est une onde électromagnétique qui se déplace à la célérité de la lumière $c_{onde} = c = 3{,}0\times10^8$ m.s^{-1}.

$v = \dfrac{4470\times3{,}00\times10^8}{2\times24{,}125\times10^9}$ = 27,8 m.s^{-1}

```
4470*3E8
2*24.125E9
            2.779274611E1
```

Le record du monde du smash le plus rapide a été établi en 2003 par Mark Brandt avec une vitesse atteinte de 112,5 km·h^{-1}.

Q.18. Indiquer, en justifiant, si la vitesse du smash du joueur amateur est du même ordre de grandeur que le record du monde.

On multiplie par 3,6 pour convertir la vitesse obtenue en km.h^{-1}.

v = 100 km.h^{-1}

```
Rep*3.6
            1.00053886E2
```

L'ordre de grandeur d'un nombre est la puissance de 10 la plus proche de ce nombre.

Pour l'amateur v est de l'ordre de 10^2 km.h^{-1}

Pour le record du monde, on obtient le même ordre de grandeur.

Notre amateur est plutôt doué pour smasher.