TS - Physique-Chimie
Devoir en classe n°2 - Durée : 2h
Proposition de correction

EXERCICE I : INTERFÉRENCES (10 points)

1. Étude des interférences obtenues avec une source monochromatique

1.1. Les ondes lumineuses issues des deux fentes sont cohérentes, c'est-à-dire qu'elles présentent un déphasage constant, étant donné que les sources F_1 et F_2 sont dérivées de la même source F.

1.2. Le point M sera sur une frange brillante si la différence de marche δ est un multiple entier de la longueur d'onde, soit $\delta = k \cdot \lambda$. Il se trouvera sur une frange sombre si la différence de marche au point M est un multiple demi-entier de la longueur d'onde, soit $\delta = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$.

1.3. ➠Le point M tel que $d_2 - d_1 = 0$ µm présente une différence de marche nulle. Il est donc situé au centre d'une frange brillante située au centre de l'écran.
➠ $\dfrac{d_2 - d_1}{\lambda} = \dfrac{3,20}{0,64} = 5,0$ donc le point M tel que $d_2 - d_1 = 3,20$ µm présente une différence de marche égale à cinq fois la longueur d'onde : il est donc situé au centre de la 5e frange brillante.
➠ $\dfrac{d_2 - d_1}{\lambda} = \dfrac{2,24}{0,64} = 3,5$ donc le point M tel que $d_2 - d_1 = 2,24$ µm présente une différence de marche égale à un nombre entier de demi longueur d'onde : il est donc situé sur la 4e frange sombre.

2. Étude des interférences obtenues avec une source non monochromatique

2.1. On mesure la distance correspondant à 6 interfranges plutôt que celle mesurant une seule interfrange car la mesure de l'interfrange sera alors bien plus précise (l'incertitude sur la mesure de i est divisée par 6 dans ce cas).

2.2. Tableau des résultats obtenus

λ (µm)	0,47	0,52	0,58	0,61	0,65
Couleur	bleu (cyan)	vert	jaune	orange	rouge
$6i$ (mm)	14,1	15,6	17,4	18,3	19,5
i (mm)	2,35	2,60	2,90	3,05	3,25

2.3. On utilise le mode statistique de la calculatrice entre entrant dans une première liste la longueur d'onde λ et dans une seconde liste l'interfrange i. En réalisant une régression linéaire, la calculatrice montre que le nuage de points peut être bien modélisé par une droite passant par l'origine et dont l'équation est : $i = A \cdot \lambda$ où A est une constante adimensionnée telle que : $A = 5000$.

2.4. La relation $i = \dfrac{\lambda \cdot D}{a}$ est en accord avec la réponse précédente car cette relation indique une proportionnalité entre l'interfrange i et la longueur d'onde λ, proportionnalité traduite par le fait que la fonction $i = f(\lambda)$ soit une fonction linéaire. Le cœfficient de proportionnalité est donc tel que $A = \dfrac{D}{a}$.

2.5. Pour obtenir des mesures avec une plus grande précision, il serait possible d'augmenter l'interfrange i en choisissant des fentes plus rapprochées (distance a plus petite) et une distance D entre les fentes d'Young et l'écran plus grande.

2.6. D'après ce qui précède, la valeur de l'interfrange obtenue avec une radiation de longueur d'onde $0,50$ µm serait telle que : $i = A \cdot \lambda = 5000 \cdot 0,50 \cdot 10^{-6} = 2,5 \cdot 10^{-3}$ m $= 2,5$ mm.

2.7. Pour déterminer la longueur d'onde d'une source inconnue, il suffit de remplacer la source F par la source inconnue, de mesurer six interfranges, d'en déduire l'interfrange i et de calculer la longueur d'onde par la relation : $\lambda = \dfrac{i}{A}$ où $A = 5000$.

EXERCICE II : LES ONDES SONORES (10 points)

1. Célérité de l'onde sonore : première méthode

1.1. On peut déterminer la célérité de l'onde sonore à l'aide des courbes obtenues en y mesurant le retard τ entre l'arrivée de l'onde sonore en M_1 et en M_2 ou entre M_2 et M_3. Ensuite, on utilise la relation entre la célérité de l'onde v, la distance parcourue d et le retard τ : $v = \frac{d}{\tau}$.

1.2. Pour les microphones M_1 et M_2, on mesure, pour le retard 2,8 cm, alors que 0,020 s sont représentées par 9,9 cm. Ainsi, le retard vaut dans ce cas $\tau_1 = \frac{2,8 \times 0,020}{9,9} = 5,7 \cdot 10^{-3}$ s.

Pour la distance M_1M_2, on obtient $v_1 = \frac{M_1M_2}{\tau_1} = \frac{2,00}{5,7 \cdot 10^{-3}} = 3,5 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 350 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Pour les microphones M_2 et M_3, on mesure, pour le retard 4,5 cm, alors que 0,020 s sont représentées par 10,1 cm. Ainsi, le retard vaut dans ce cas $\tau_2 = \frac{4,5 \times 0,020}{10,1} = 8,9 \cdot 10^{-3}$ s.

Pour la distance M_2M_3, on obtient $v_2 = \frac{M_2M_3}{\tau_2} = \frac{3,00}{8,9 \cdot 10^{-3}} = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

1.3. Les résultats donnent une célérité moyenne de $345 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. L'écart relatif entre les deux valeurs vaut $r = \frac{350 - 340}{345} \simeq 3\%$ donc les deux résultats sont cohérents même si la précision laisse à désirer dans cette méthode.

2. Célérité de l'onde sonore : deuxième méthode

2.1. Sur les documents, on mesure, pour 4 périodes du signal, une longueur de $9,0$ cm alors que l'échelle est telle que 10 ms sont représentées par 10 cm. On a donc $4T = 9,0 \text{ ms} = 9,0 \cdot 10^{-3}$ s d'où la fréquence du son émis par le diapason : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{9,0 \cdot 10^{-3}/4} = 4,4 \cdot 10^2 \text{ Hz} = 440 \text{ Hz}$.

2.2. On compte plusieurs retours de phase afin de diminuer l'incertitude sur la mesure de la distance séparant les microphones et donc augmenter la précision sur la mesure de la longueur d'onde λ.

2.3. La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde durant une période T de l'onde. Au bout de N retours de phase, les microphones ont donc été décalés d'une distance d correspondant à N longueurs d'onde d'où la longueur d'onde $\lambda = \frac{d}{N} = \frac{3,86}{5} = 7,72 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 77,2 \text{ cm}$

2.4. La longueur d'onde λ et la célérité v de l'onde sont liées par la relation $\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$. On en déduit la célérité de l'onde $v = \lambda \cdot f = 77,2 \cdot 10^{-2} \times 440 = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. Autre propriété des ondes sonores

3.1. L'observation faite par les amis de Paul peut s'expliquer par le phénomène de diffraction des ondes sonores. En effet, la dimension de l'ouverture de la porte est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde des ondes sonores calculée précédemment.

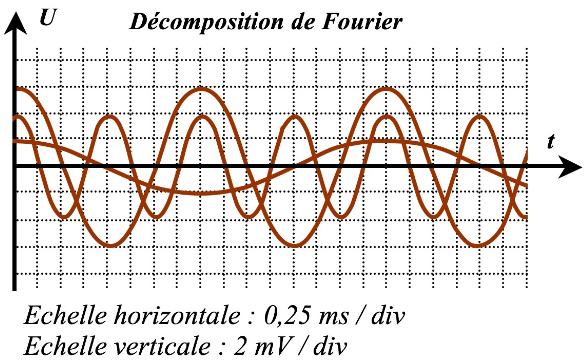
3.2. Longueur d'onde associée à une fréquence de 100 Hz : $\lambda_g = \dfrac{v}{f_g} = \dfrac{340}{100} = 3,4$ m

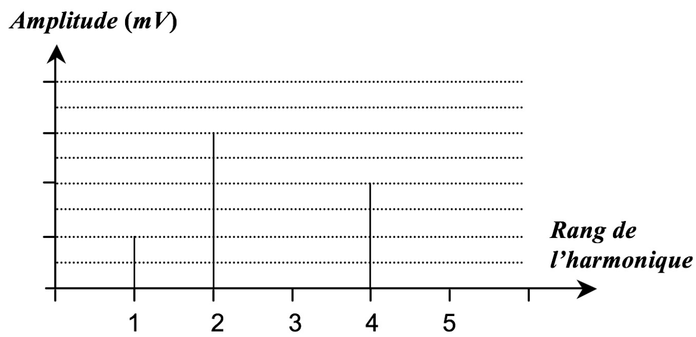
Longueur d'onde associée à une fréquence de 10 000 Hz : $\lambda_a = \dfrac{v}{f_a} = \dfrac{340}{10\ 000} = 3,4 \cdot 10^{-2}$ m $= 3,4$ cm.

Ainsi, dans le cas des sons aigus, la longueur d'onde est très petite par rapport à l'ouverture de la porte et la diffraction de ces ondes sera imperceptible. En revanche, la longueur d'onde des sons graves est du même ordre de grandeur que l'ouverture de la porte et ces sons seront donc les plus diffractés. Les amis de Paul entendent donc essentiellement des sons graves.

4. Décomposition d'un son et effet Doppler

4.1. Spectre sonore





4.2. Source s'éloignant du récepteur

4.2.1. Si $v < c$, alors $\dfrac{v}{c} < 1$ or on veut $\lambda' > \lambda_0$ donc la relation (1) est fausse.

De même, si $\dfrac{v}{c} < 1$, alors $\left(1 - \dfrac{v}{c}\right) < 1$ or on veut $\lambda' > \lambda_0$ donc la relation (2) est fausse.

Un analyse dimensionnelle permet d'éliminer aussi la relation (3), en effet :

$[\lambda_0 \cdot (c - v)] = L \cdot L \cdot T^{-1} = L^2 \cdot T^{-1}$ ce qui n'est pas homogène à une longueur donc $\lambda_0 \cdot (c - v)$ ne peut pas être égal à λ'.

Seule la relation (4) convient. Une analyse dimensionnelle permet de le confirmer, le rapport $\dfrac{v}{c}$ étant sans dimension.

4.2.2. On sait que $\lambda' > \lambda_0$ et que, comme nous l'avons plus haut, $\lambda = \dfrac{v}{f}$ d'où $f = \dfrac{v}{\lambda}$. Donc si la longueur d'onde du signal perçu est plus grande que la longueur d'onde du signal émis, alors, la célérité du son étant la même, la fréquence du signal perçu sera plus petite que celle du signal émis et le système d'enregistrement percevra un son plus grave.