TSPEF PH-CH1 - Spécialité Physique-Chimie
Devoir en classe n°2 - Durée : 2h
Proposition de correction

EXERCICE I : QUELLE TAILLE POUR LES MAILLES D'UN TAMIS ? – 10 points

1. Vérification de la longueur d'onde de la diode laser utilisée

1.1. Le phénomène physique responsable des taches lumineuses observées sur l'écran est la diffraction. La diffraction est d'autant plus marquée que la largeur de la fente a est petite par rapport à la longueur d'onde λ de la lumière utilisée ; l'écart angulaire θ sera donc plus grand si a est petite.

1.2. D'après la figure 1, l'angle θ est défini dans un triangle rectangle dans lequel son côté opposé mesure $\dfrac{L}{2}$ et son côté adjacent D. On en déduit que $\tan\theta = \dfrac{\frac{L}{2}}{D} = \dfrac{L}{2\times D}$. Ici, on se place dans l'approximation des petits angles, soit $\tan\theta \simeq \theta$ d'où $\theta = \dfrac{L}{2\times D}$

Par ailleurs, nous savons que $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$ donc $\dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{L}{2\times D}$ d'où $\lambda = \dfrac{L\times a}{2\times D}$

1.3. Sur la figure 3, on mesure la largeur L de la tache centrale entre les deux minima de part et d'autre du pic principal d'intensité lumineuse soit $L = 18,0 - 9,0 = 9,0$ mm.On en déduit la valeur de la longueur d'onde $\lambda = \dfrac{L\times a}{2\times D} = \dfrac{(9,0\times 10^{-3})\times(80\times 10^{-6})}{2\times(56\times 10^{-2})} = 6,4\times 10^{-7}\text{ m} = 640\text{ nm}$

Le fabricant indique $\lambda = (650 \pm 10)$ nm donc la mesure est compatible (de justesse) avec l'indication du fabricant en tenant compte des 10 nm d'incertitude.

2. Calibrage du tamis de récupération

2.1. Chaque maille du tamis éclairée par le laser se comporte comme une source de lumière. La lumière issue des ces sources est synchrone et cohérente puisqu'elle est issue du même laser. Toutes ces sources interfèrent par conséquent. Les zones sombres sont dues à des interférences destructives : en ces points de l'écran, les ondes arrivent en opposition de phase. Les zones brillantes sont quant à elles dues à des interférences constructives, les ondes arrivant en ces points de l'écran en phase.

2.2. Pour une plus grande précision, on mesure le nombre maximal d'interfranges sur la figure 7, à savoir 4 interfranges. Sur la figure 7, on mesure $4\times i = 5,7$ cm d'où $i = \dfrac{5,7}{4} = 1,4$ cm.

Lors d'une mesure avec la règle, on peut estimer l'incertitude à une demie graduation, à savoir $u(i) = 0,05$ cm d'où $i = (1,40 \pm 0,05)$ cm.

2.3. D'après l'expression de l'interfrange donnée dans l'énoncé, on a

$b = \dfrac{\lambda\times D}{i} = \dfrac{(650\times 10^{-9})\times 7,75}{1,40\times 10^{-2}} = 3,6\times 10^{-4}\text{ m} = 360\ \mu\text{m}$

d'après la relation fournie dans l'énoncé, on peut estimer l'incertitude sur cette valeur :

$$u(b) = b\times\sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2} = (3,6\times 10^{-4})\times\sqrt{\left(\frac{0,03}{7,75}\right)^2 + \left(\frac{0,05}{1,40}\right)^2 + \left(\frac{10}{650}\right)^2}$$

$u(b) = 1,3\times 10^{-5}$ m que l'on arrondit par excès, soit $u(b) = 2\times 10^{-5}\text{ m} = 0,2\times 10^{-4}$ m

Pour finir, nous avons trouvé que $b = (3,6 \pm 0,2)\times 10^{-4}\text{ m} = 360 \pm 20\ \mu\text{m}$

2.4. D'après le schéma de la figure 5, b correspond à la distance entre les centres de deux trous du tamis. Si l'on appelle t la taille d'un trou et ℓ la largeur du fil constituant le tamis, on obtient $b = t + \ell$. Autrement dit, la taille d'un trou du tamis est $t = b - \ell$. En considérant l'intervalle dans lequel se trouve b, on obtient $t_{min} = b_{min} - \ell = 340 - 230 = 110\ \mu\text{m}$ et $t_{max} = b_{max} - \ell = 380 - 230 = 150\ \mu\text{m}$. Dans les deux cas, les trous sont bel et bien plus petits ou de la même taille que les artémies à récupérer dont la dimension minimale est 150 µm donc les mailles du tamis permettent de sélectionner les artémies désirées. On peut toutefois noter que des artémies plus petites seront également retenues par les mailles de ce tamis.

EXERCICE II : ÉTUDE D'UN FILM DE SAVON – 10 points

1. Le phénomène d'interférences

1.1. Les zones où les interférences sont constructives apparaissent claires alors que celles où les interférences sont destructives apparaissent sombres.

1.2. Si les ondes sont en phase, alors les interférences sont constructives. Si les ondes sont en opposition de phase, alors les interférences sont destructives.

1.3. Calcul de la différence de chemin optique au point M dans les conditions de l'expérience :

$\delta(M) = 2 \times n \times e - \dfrac{\lambda}{2} = 2 \times 1,34 \times (900 \times 10^{-9}) - \dfrac{600 \times 10^{-9}}{2} = 2,11 \times 10^{-6}$ m $= 2110$ nm

Les interférences sont constructives si $\delta = k \times \lambda$ avec k un entier relatif et les interférences sont destructives si $\delta = \dfrac{2k+1}{2} \times \lambda$. On compare donc δ à λ :

$\dfrac{\delta(M)}{\lambda} = \dfrac{2110}{650} = 3,5$ donc les interférences sont destructives avec $k = 3$.

2. Comparaison du phénomène d'interférences selon la longueur d'onde étudiée

2.1. Nous savons d'une part que $\delta(M) = 2 \times n \times e - \dfrac{\lambda}{2}$ et d'autre part que les interférences sont constructives pour $\delta(M) = k \times \lambda$ d'où la condition pour des interférences constructives :

$$\begin{aligned}
2 \times n \times e - \frac{\lambda}{2} &= k \times \lambda \\
2 \times n \times e &= \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda \\
2 \times n \times e &= \left(\frac{2k+1}{2}\right) \times \lambda \\
n \times e &= \left(\frac{2k+1}{4}\right) \times \lambda \\
e_k &= \left(\frac{2k+1}{4}\right) \times \frac{\lambda}{n}
\end{aligned}$$

2.2. D'après la relation précédente, l'épaisseur est minimale pour $k = 0$ d'où l'épaisseur minimale pour des interférences constructives en lumière bleue pour laquelle $\lambda = 458$ nm :

$e_{min,bleu} = \dfrac{1}{4} \times \dfrac{\lambda}{n} = \dfrac{1}{4} \times \dfrac{(458 \times 10^{-9})}{1,34} = 8,54 \times 10^{-8}$ m $= 85,4$ nm

2.3. D'après l'introduction, l'épaisseur du film est plus épaisse en bas qu'en haut du cadre en raison de la gravité. On comprend donc ici qu'en raison de la gravité, la solution savonneuse a tendance à descendre au cours du temps, ce qui engendre un amincissement de la zone supérieure. Ainsi, au cours du temps, l'épaisseur du film devient de plus en plus faible. La zone où l'épaisseur est trop faible s'étend donc progressivement vers le bas.

2.4. Sur la figure 5, on voit que le point A est dans une zone claire telle que $k = 8$ en lumière bleue et telle que $k = 6$ en lumière rouge. On peut utiliser l'une ou l'autre de ces conditions pour calculer l'épaisseur du film :

$e_{k,bleu} = \left(\dfrac{2k+1}{4}\right) \times \dfrac{\lambda}{n} = \left(\dfrac{2 \times 8 + 1}{4}\right) \times \dfrac{(458 \times 10^{-9})}{1,34} = 1,45 \times 10^{-6}$ m $= 1,45$ µm

$e_{k,rouge} = \left(\dfrac{2k+1}{4}\right) \times \dfrac{\lambda}{n} = \left(\dfrac{2 \times 6 + 1}{4}\right) \times \dfrac{(600 \times 10^{-9})}{1,34} = 1,46 \times 10^{-6}$ m $= 1,46$ µm

NB : il s'agit bien de la même épaisseur étant donnée la précision des valeurs fournies.