TS3 - Physique-Chimie
Devoir en classe n°2 - Durée : 2h
Proposition de correction

EXERCICE I : FENTES DOUBLES ET FIGURE D'INTERFÉRENCE (10 points)

1. Détermination de la largeur des fentes grâce à la diffraction

1.1. D'après le document 2, on a $\tan\theta = \dfrac{L/2}{D}$. Or, exprimé en radians, θ est petit donc $\tan\theta \simeq \theta$ et il vient $\theta = \dfrac{L}{2D}$ d'où l'on déduit que $L = 2 \cdot D \cdot \theta$

1.2. On sait que, pour une fente rectangulaire, l'écart angulaire θ repérant le premier minimum d'intensité lumineuse est tel que $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$ d'où l'on déduit que $L = 2 \cdot D \cdot \dfrac{\lambda}{a}$ d'où $a = \dfrac{2\lambda D}{L}$.

1.3. Estimation de la largeur des fentes a : $a = \dfrac{2\lambda D}{L} = \dfrac{2 \times 650 \cdot 10^{-9} \times 1,50}{9,50 \cdot 10^{-2}} = 2,05 \cdot 10^{-5}$ m $= 20,5$ µm

1.4. La diffraction des ondes lumineuses se manifeste lorsque la lumière rencontre un obstacle de dimension inférieure ou égale à 100 fois la longueur d'onde de la lumière. Ici, on a : $\dfrac{a}{\lambda} = \dfrac{20,5 \cdot 10^{-6}}{650 \cdot 10^{-9}} \simeq 32$. On en déduit que la lumière peut donc bien être diffractée dans cette expérience.

2. Détermination de la distance entre les fentes grâce aux interférences

2.1. Afin de réduire les erreurs expérimentales, on réalise une moyenne de l'interfrange sur l'ensemble des franges d'interférences incluses dans la tache centrale. Ainsi, on dénombre 13 interfranges sur une longueur de $9,50$ cm d'où la valeur de l'interfrange : $i = \dfrac{9,50 \cdot 10^{-2}}{13} = 7,31 \cdot 10^{-3}$ m $= 7,31$ mm.

2.2. Au centre de la tache centrale (point O), la différence de marche δ entre les deux rayons qui interfèrent est nulle car les deux fentes sont placées symétriquement par rapport à O. Les interférences en O sont donc constructives et le point O se trouve donc sur une frange brillante.

2.3. D'après l'énoncé, $i = \dfrac{\lambda D}{b}$ d'où $b = \dfrac{\lambda D}{i} = \dfrac{650 \cdot 10^{-9} \times 1,50}{7,31 \cdot 10^{-3}} = 1,33 \cdot 10^{-4}$ m $= 0,133$ mm.

2.4. Calculons le rapport $\dfrac{x}{i} = \dfrac{10,2 \cdot 10^{-2}}{7,31 \cdot 10^{-3}} = 14,0$. Ce rapport montre qu'il y a un nombre entier d'interfranges entre le point O et le point M de coordonnée x sur l'écran. Ainsi, le point M est lui aussi situé sur une frange brilllante.

EXERCICE II : THE BLUE STICKER (10 points)

La photographie représente un autocollant posé sur le pare-chocs arrière d'un véhicule. On peut y lire le texte suivant : « Si cet autocollant est bleu, alors vous roulez trop vite ».

Ce texte fait référence à l'effet Doppler. L'autocollant, éclairé en lumière blanche lorsque le véhicule est à l'arrêt, diffuse des ondes électromagnétiques sont les fréquences sont proches de celles du rouge. Mais si le véhicule est en mouvement par rapport à l'observateur, alors ce dernier percevra des ondes électromagnétiques présentant des fréquences différentes de celles émises par l'autocollant.

Ici, l'observateur est censé se trouver dans un véhicule qui s'approche par l'arrière de la voiture portant l'autocollant (pour la doubler par exemple). Comme le récepteur se rapproche de l'émetteur, la fréquence perçue par l'observateur est plus élevée que celle émise par l'autocollant : il s'opère donc un décalage vers les hautes fréquences.

Si la vitesse relative de l'observateur qui dépasse la voiture est importante, on peut imaginer que l'observateur perçoive une radiation dont la longueur d'onde aura diminué jusqu'à paraître bleue ! En effet, longueur d'onde et fréquence sont inversement proportionnelles selon la relation $\lambda = \dfrac{c}{\nu}$.

L'aspect humoristique de cet autocollant provient du fait qu'il est impossible, avec des véhicules automobiles, d'obtenir un décalage spectral perceptible à l'œil nu, et encore moins un décalage spectral du rouge au bleu (c'est-à-dire à travers tout le spectre visible). En d'autres termes, si vous voyez l'autocollant bleu, c'est que vous roulez vraiment extrêmement rapidement, plus vite que ce qu'il est possible de faire avec une automobile. Vous n'aurez d'ailleurs, dans ce cas, pas le temps de lire ce qui est écrit sur l'autocollant...

Ceci peut se vérifier par une application numérique : si la couleur de l'autocollant passe du rouge ($\lambda_0 = 800$ nm) au bleu ($\lambda' = 400$ nm), alors la longueur d'onde λ' de l'onde perçue par l'observateur sera la moitié de la longueur d'onde λ_0 émise par la source. Or, d'après le **document 1**, si la source et le récepteur se rapprochent, on a $\lambda' = \left(1 - \dfrac{v}{c}\right) \times \lambda_0$, soit $\dfrac{\lambda'}{\lambda_0} = \left(1 - \dfrac{v}{c}\right) = \dfrac{400}{800} = \dfrac{1}{2}$. Dans ce cas, on aurait donc $\dfrac{v}{c} = \dfrac{1}{2}$ soit $v = \dfrac{c}{2}$.

Pour que l'autocollant paraisse bleu, il faudrait donc rouler à une vitesse égale à la moitié de la célérité de la lumière dans le vide, soit $1,5 \cdot 10^8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, ce qui est bien entendu impossible ! Il faudrait aussi tenir compte des effets relativistes dans ce cas...