

Propriétés des ondes

5 Le fil de pêche

Pour vérifier l'épaisseur a_f d'un fil de nylon utilisé pour la pêche, William réalise le montage de l'exercice 2. Il place plusieurs fils calibrés successivement à 20 cm d'une diode laser de longueur d'onde 650 nm et mesure la tache centrale de diffraction correspondante. Il calcule ensuite la valeur de l'écart angulaire θ pour chaque fil. Il fait de même pour le fil de pêche et mesure une tache centrale de diffraction de 1,5 cm, correspondant à un écart angulaire $\theta_f = 2,5 \times 10^{-3}$ rad.

L'ensemble des résultats obtenus sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

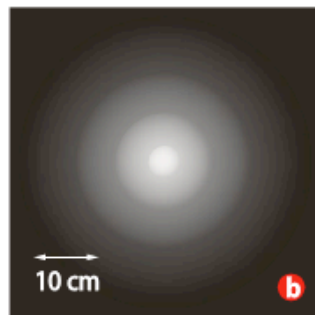
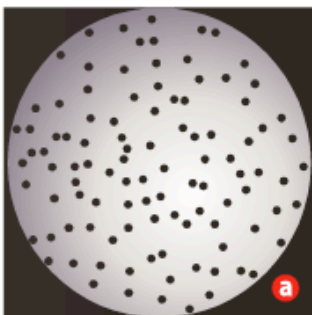
a (mm)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
θ ($\times 10^{-3}$ rad)	6,6	3,3	2,1	1,6	1,3

1. Représenter la courbe $\theta = f(1/a)$.
2. Interpréter l'allure de la courbe obtenue.
3. Déterminer, en expliquant la méthode utilisée, l'épaisseur du fil de pêche.
4. Le constructeur annonce une épaisseur de 0,25 mm. Calculer l'écart relatif de la mesure et commenter.

20 Spores de lycopode

Les lycopodes sont des plantes utilisées en herboristerie. Leurs spores, cellules de reproduction végétative, sont relativement circulaires, de couleur jaune soufre et toutes de dimensions équivalentes (a).

On étend un faisceau laser ($\lambda = 633$ nm) et on place sur sa trajectoire une lamelle de microscope recouverte d'une fine couche de spores de lycopode. On observe sur un écran placé à une distance $D = 1,0$ m de la lamelle la figure de diffraction (b).

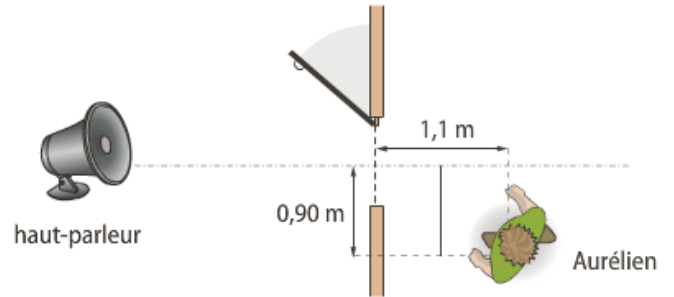


La diffraction de N objets identiques répartis aléatoirement est identique à celle obtenue par un seul de ces objets, mais elle est N fois plus lumineuse. On montre que l'écart angulaire pour la diffraction par un objet circulaire de diamètre a est $\theta = 1,22 \lambda/a$.

1. Réaliser un schéma du montage expérimental, en plaçant l'écart angulaire θ .
2. À partir du document (b), déterminer la taille de la tache centrale de diffraction d .

6 Écouter aux portes...

Un haut-parleur émet un son de fréquence $f = 500$ Hz devant une porte de largeur $a = 0,80$ m.

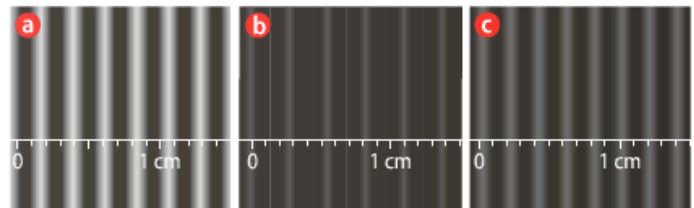


1. Déterminer la longueur d'onde de l'onde sonore.
2. Justifier que l'onde sonore soit diffractée par l'ouverture.
3. Calculer l'écart angulaire de diffraction.
4. Que va entendre Aurélien ?
5. On remplace le haut-parleur par une source de lumière. Aurélien sera-t-il dans l'ombre ou dans la lumière ?

Donnée. Célérité du son dans l'air : $v = 340$ m \cdot s $^{-1}$.

9 Interfrange

Pour caractériser une figure d'interférences lumineuses, on définit l'interfrange, noté i , qui est la distance séparant deux franges lumineuses (ou deux franges sombres) consécutives. En réalisant le dispositif des bifentes de Young, on obtient les trois figures d'interférences ci-dessous, pour une lumière laser incidente bleue, rouge, puis verte.

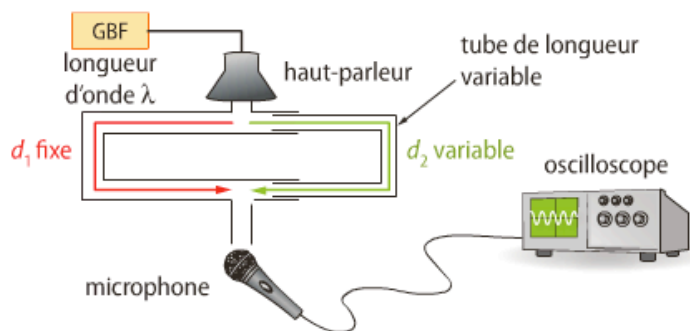


On démontre que i est proportionnel à λ , les autres paramètres expérimentaux restant inchangés.

1. a. Définir le phénomène d'interférences.
- b. Déterminer l'interfrange des trois figures d'interférences ci-dessous.
3. Attribuer à chaque figure la couleur de la lumière laser incidente. Justifier.
4. Proposer une expérience pour déterminer la longueur d'onde d'un laser à partir des résultats précédents.

10 Casque anti-bruit

Pour illustrer le principe d'un casque anti-bruit, on réalise l'expérience schématisée ci-dessous :



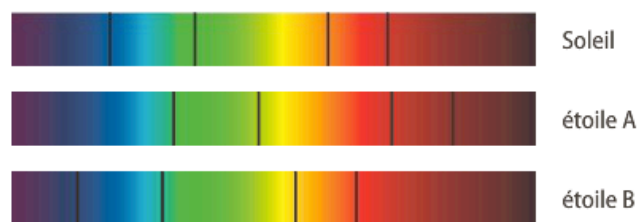
- Pourquoi l'expérience conduit-elle à des interférences ?
- On observe que, pour $d_1 = d_2 + k \cdot \lambda$, les interférences sont constructives et que pour $d_1 = d_2 + (k + 1/2) \cdot \lambda$, les interférences sont destructives (k est un entier).
 - Rappeler les conditions d'interférences constructives et destructives, puis interpréter les formules.
 - Que va-t-on observer sur l'oscilloscope lorsque le dispositif est réglé en mode « anti-bruit » ?
 - On modifie la fréquence du GBF en conservant le dispositif de la question **b**. Que va-t-on observer sur l'oscilloscope ?

14 Au feu les pompiers !

- Lorsque l'émetteur est en mouvement à vitesse constante par rapport à un récepteur fixe, l'effet Doppler est traduit par la relation $f_r = f_e \cdot v / (v \pm u)$.
 - Préciser la signification et l'unité de chaque grandeur.
 - Quelles sont les deux situations correspondant au signe « \pm » de la formule ?
- La sirène d'un camion de pompier, de fréquence 400 Hz, se rapproche d'Elsa, fixe sur la chaussée. Elsa mesure une fréquence de 417 Hz pour le son de la sirène.
 - Déterminer la formule qui correspond à l'expérience d'Elsa. Justifier.
 - Calculer la vitesse du camion, en $m \cdot s^{-1}$ puis en $km \cdot h^{-1}$.

15 Effet Doppler pour la lumière

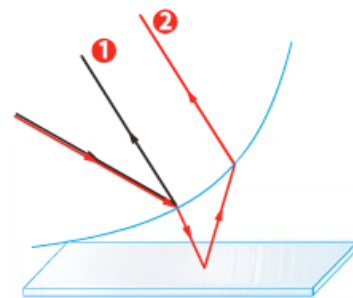
Le document ci-dessous présente les positions des raies d'absorption d'un élément chimique sur le spectre du Soleil et sur celui de deux étoiles A et B. Selon l'effet Doppler-Fizeau, plus une étoile s'éloigne de la Terre et plus son spectre d'absorption se décale vers les grandes longueurs d'onde.



- Quelle étoile s'éloigne de la Terre ? se rapproche de la Terre ? Justifier.
- Quelle étoile à la vitesse la plus élevée dans la direction d'observation ? Pourquoi ?

27 ★★ Les anneaux de Newton

Alors qu'il travaillait sur l'origine des couleurs, en particulier sur celles des bulles de savon, Isaac Newton (1643-1727) fit l'expérience suivante : il éclaira en lumière blanche un dispositif constitué d'une plaque de verre et d'une lentille convexe posée dessus et observa alors des anneaux circulaires concentriques colorés sur la surface de la lentille.



Le schéma ci-dessus illustre l'expérience réalisée.

- Quel phénomène se produit lorsque la lumière arrive à l'interface entre deux milieux homogènes et transparents ?
- On considère le dispositif éclairé en lumière monochromatique.
 - Décrire le trajet parcouru par chaque rayon représenté sur le schéma.
 - Justifier l'observation d'interférences.
 - Dans quelles conditions aura-t-on des interférences constructives ? destructives ?
- On peut montrer théoriquement que, si R est le rayon de courbure de la lentille, k un nombre entier positif et λ la longueur d'onde de la lumière éclairant le dispositif, le rayon du k -ième anneau noir est donné par $r = \sqrt{R \cdot k \cdot \lambda}$.
 - Parmi les figures ci-dessous, préciser celle qui correspond à l'expérience de Newton en lumière monochromatique rouge et celle en lumière monochromatique bleue.



a



b

- Proposer alors une explication à l'apparition d'anneaux colorés lorsque l'expérience est réalisée en lumière blanche.

25 ★ Détection des exoplanètes

Les exoplanètes sont les planètes situées en dehors du système solaire. Leur détection fournit des informations précieuses sur l'Univers et permettra peut-être de découvrir de nouvelles formes de vie. Une des méthodes de détection, dite « méthode des vitesses radiales », utilise l'effet Doppler. En effet, la présence d'une planète dans l'orbite d'une étoile provoque un léger mouvement de celle-ci. Dans la direction de visée depuis la Terre, on mesure alors un décalage en longueur d'onde du spectre de l'étoile en se référant aux raies d'absorption. La relation entre le décalage du spectre $\Delta\lambda$ et la vitesse u dans la direction d'observation de l'étoile est $u/v = |\Delta\lambda|/\lambda_0$ avec $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$.

v et λ_0 désignent respectivement la vitesse et la longueur d'onde de l'onde émise. λ est la longueur d'onde de l'onde perçue.

1. Rappeler ce qu'on appelle l'effet Doppler.
2. Quel est dans ce cas l'émetteur ? le récepteur ?
3. **a.** Rappeler l'origine des raies d'absorption du spectre des étoiles.
b. Par rapport au spectre de quelle étoile évalue-t-on le décalage ? Pourquoi ?
4. Pour une longueur d'onde de référence $\lambda_0 = 588,995\ 0\ \text{nm}$ (dans le spectre du sodium), on mesure un décalage $\Delta\lambda_1 = 0,045\ 6\ \text{nm}$ à l'instant t_1 et $\Delta\lambda_2 = -0,013\ 6\ \text{nm}$ à l'instant t_2 .
a. Déterminer la vitesse radiale de l'étoile à ces deux instants.
b. Sachant que l'on parle de « décalage vers le rouge » pour une étoile qui s'éloigne de la Terre, à quel instant l'étoile s'approche-t-elle de la Terre ? s'éloigne-t-elle de la Terre ?