

Ahmed Hakim	Lycée qualifiant Ibn Arabi – Fès -
2 bac international	Exercice : Propagation d'une onde lumineuse

Un faisceau de lumière, horizontal monochromatique de longueur d'onde λ , produit par une source laser arrive sur un fil vertical, de diamètre a (a est de l'ordre du dixième de millimètre).
On place un écran à une distance D (D est grande devant a) de ce fil .

- Décrire le phénomène observé.
 - Quel renseignement sur la nature de la lumière ce phénomène apporte-t-il ? Nommer ce phénomène.
 - La lumière émise par la source laser est dite monochromatique. Quelle est la signification de ce terme ?
- Sur votre copie, faire un schéma représentant l'expérience vue de dessus observée sur l'écran
- Exprimer l'écart angulaire θ en fonction des grandeurs L (largeur de la tâche centrale de diffraction) et D sachant que pour de petits angles exprimés en radian : $\tan \theta = \theta$.
- Ecrire l'expression mathématique qui lie les grandeurs θ , λ et a ?
- En utilisant les résultats précédents, montrer que L s'exprime par : $L = 2 \lambda D / a$.
- On dispose de deux fils calibrés de diamètres respectifs $a_1 = 20 \mu\text{m}$ et $a_2 = 50 \mu\text{m}$.
On place successivement ces deux fils verticaux dans le dispositif précédent. On obtient sur l'écran deux figures de diffraction distinctes notées A et B .



Associer, en le justifiant, à chacun des deux fils la figure de diffraction qui lui correspond.

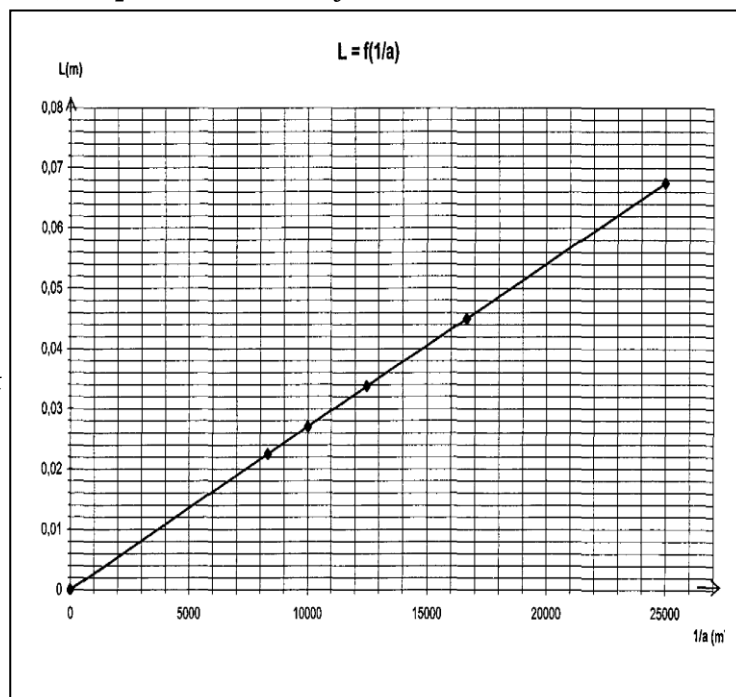
7. On cherche à déterminer expérimentalement la longueur d'onde dans le vide λ de la lumière monochromatique émise par une source laser. Pour cela, on place devant le faisceau laser horizontal des fils calibrés verticaux de diamètre « a » et pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tâche centrale de diffraction, puis on trace la courbe $L = f(1/a)$.

7.1. Montrer que l'allure de la courbe $L = f(1/a)$ obtenue est en accord avec l'expression de L donnée en 5.

7.2. Donner l'équation de la courbe $L = f(1/a)$ et en déduire la longueur d'onde λ dans le vide de la lumière monochromatique du faisceau laser utilisé.

7.3. La couleur de la lumière émise par le laser est-elle rouge, verte ou violette ?

7.4. Calculer la fréquence de la lumière monochromatique émise par la source laser.



Donnée: célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

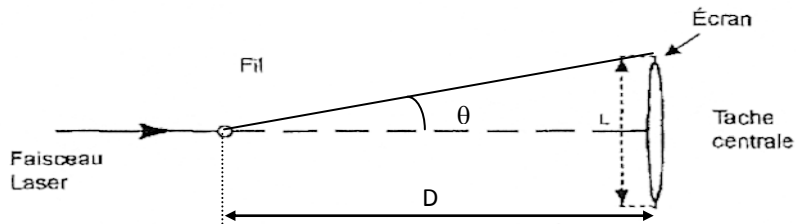
Correction

1.a. On observe sur l'écran un étalement du faisceau laser, perpendiculaire à la direction du fil, constitué d'une tache centrale bordée de taches latérales.

b. La lumière ne se propage plus de façon rectiligne, le phénomène observé est la **diffraction de la lumière**. Or ce phénomène est caractéristique des ondes, donc **la lumière est de nature ondulatoire**.

c. La lumière émise par la source laser est monochromatique : cela signifie que la lumière laser est constituée d'une seule radiation de fréquence fixée (ou de longueur d'onde dans le vide fixée).

2.



3. L'angle θ est l'angle entre le **centre de la tache centrale** et le **centre de la zone de première extinction**. Voir figure ci-dessus.

Le schéma montre que: $\tan\theta = (L/2) \div D = L / 2 D$

θ étant petit et exprimé en radian, on a $\tan \theta = \theta$, donc $\theta = L / 2 D$

4. La relation entre les grandeurs θ , λ et a est: $\theta = \lambda / a$ avec θ en (rad), λ et a en (m).

5. En égalant les deux expressions de θ , il vient: $L/2 D = \lambda / a$ soit : $L = 2 \lambda D / a$

6. D'après la relation précédente pour λ et D fixés, la largeur L "de la tache centrale" est inversement proportionnelle au diamètre a du fil diffractant.

Donc la tache centrale la plus grande correspond au fil de diamètre le plus petit :

$$\text{figure A} \quad \Leftrightarrow \quad a_1 = 20 \mu\text{m}$$

$$\text{figure B} \quad \Leftrightarrow \quad a_2 = 50 \mu\text{m}$$

7.

7.1. Le graphe $L = f(1/a)$ est une droite qui passe par l'origine : donc la largeur L de la tache centrale est proportionnelle à l'inverse du diamètre du fil, soit $1/a$.

L'équation modélisant la droite est de la forme: $L = k \cdot \frac{1}{a}$ avec k le coefficient directeur de cette droite.

Ceci est en accord avec l'expression $L = 2 \lambda D \times \frac{1}{a}$ car D et λ sont constantes, avec $k = 2 \cdot \lambda \cdot D$.

7.2. Détermination le coefficient directeur k :

Soient les points A (15000 ; 0,028) et B (25 000 ; 0,068) : $k = (0,068 - 0,028) / (25\,000 - 15\,000)$
 $k = 2,67 \cdot 10^{-6}$

L'équation de la droite s'écrit : $L = 2,67 \times 10^{-6} \cdot \frac{1}{a}$.

De l'expression $k = 2.\lambda.D$ on déduit l'expression : $\lambda = k / 2 D$

$$\lambda = 2,67 \cdot 10^{-6} / 2 \times 2,5 = \mathbf{5,34 \times 10^{-7} \text{ m}}$$

7.3. C'est une lumière de coloration verte.

7.4. La fréquence ν de la lumière monochromatique émise par la source laser est: $\nu = c / \lambda$

$$\nu = 3 \cdot 10^8 / 5,4 \cdot 10^{-7} = \mathbf{5,5 \times 10^{14} \text{ Hz.}}$$