EXERCICES Ch.3 p : 64 n°3

Interférences lumineuses

ACTIVITE p : 64 n°3. ETUDE EXPERIMENTALES DES FENTES D'YOUNG

Compétence exigible au baccalauréat

Pratiquer une démarche expérimentale visant à *étudier* quantitativement *le phénomène d'interférences dans le cas des ondes lumineuses.*

Au début du XIXe siècle, le physicien britannique Thomas YOUNG réalise une expérience qui a marqué l'Histoire des sciences. En plaçant devant une source lumineuse un cache percé de deux fentes fines parallèles et proches, il observe, en projection sur un écran, une alternance de raies sombres et claires : les franges d'interférences.

Comment caractériser une figure d'interférences?

A Étude quantitative

▶ Réaliser le dispositif expérimental du **document 3.** Les fentes d'Young sont deux fentes étroites et parallèles.

▶ Placer l'écran à une distance D maintenue fixe d'au moins 1,50 m des fentes.

On appelle « interfrange » la distance séparant les milieux de deux franges brillantes consécutives ou bien de deux franges sombres consécutives **(doc. 3)**. L'interfrange est noté i.

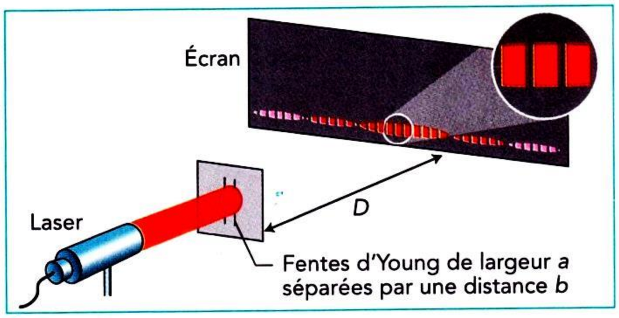
Pour différentes distances b séparant les fentes, mesurer l'interfrange i.

1 Décrire la figure observée sur l'écran.

2 **a.** Copier les valeurs de b (en m) et de i (en m) dans un tableur.
En traçant un graphe, montrer que i est inversement proportionnel à b.
b. L'interfrange i est donné par l'une des expressions suivantes :

$$i = D + \frac{\lambda}{b}\ ; \quad i = \frac{\lambda^2 \cdot D}{b^2}\ ; \quad i = \frac{\lambda \cdot D}{b}\ ; \quad i = \frac{\lambda^2 \cdot D}{b}$$

Retrouver la bonne expression parmi celle proposées.
Dans ces relations, λ est la longueur d'onde de la lumière du laser utilisé.



Doc. 3 Schématisation de l'expérience des fentes d'Young.

▶ Les fentes d'Young se comportent comme deux sources de lumière qui se superposent sur l'écran. Remplacer les fentes par deux lasers identiques.

3 Avec deux lasers éclairant l'écran, observe-t-on une figure d'interférences ?

Un pas vers le cours...

4 **Quelle relation lie l'interfrange *i* à la longueur d'onde de la lumière monochromatique λ ? Préciser la signification et l'unité de chaque grandeur.**

B Application à la détermination du pas d'un réseau

Un réseau est constitué d'un support transparent sur lequel ont été gravés des traits parallèles et équidistants. Le « pas » du réseau, noté b, est la distance entre deux traits consécutifs.

Ces traits parallèles se comportent comme des fentes. Éclairés avec un laser, ils donnent une figure d'interférences.

5 Proposer un protocole afin de déterminer le pas de ce réseau.
Après accord du professeur, le mettre en œuvre et en déduire la valeur de b.

6 Les incertitudes sur λ, b, i et D sont respectivement notées $U(\lambda)$, $U(b)$, $U(i)$ et $U(D)$.
a. Quelles sont les valeurs de $U(\lambda)$, $U(i)$ et $U(D)$ (voir **fiche n° 3**, p. 584) ?
b. L'incertitude sur la mesure de b peut être évaluée par :

$$U(b) = b \cdot \sqrt{\left(\frac{U(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{U(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2}$$

Calculer cette incertitude.
c. En déduire un encadrement de la valeur expérimentale b du pas du réseau. Est-il en accord avec la valeur indiquée par le fabricant ?

-

Correction. Ch3. ACTIVITE p : 64 n°3. ETUDE EXPERIMENTALES DES FENTES D'YOUNG

A. Étude quantitative

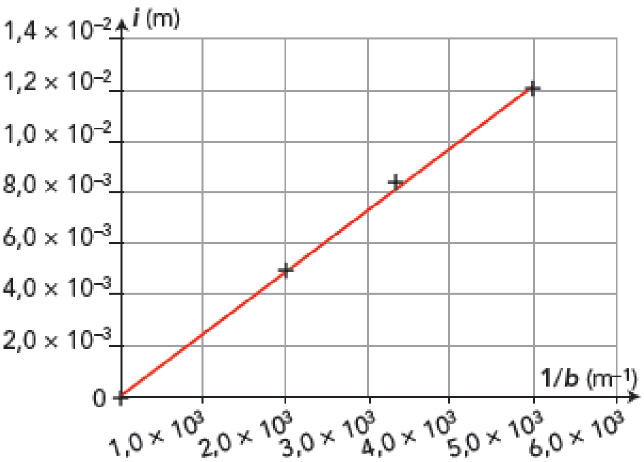
Remarque pour l'expérience :
Pour les fentes d'Young, les valeurs de *b* sont 0,200 mm, 0,300 mm et 0,500 mm, avec une précision de 1 µm.
L'écran est placé à une distance de 4,00 m.

1. On observe des franges d'interférences, alternativement sombres et brillantes sur l'écran. Ces franges sont parallèles entre elles et parallèles aux deux fentes d'Young.

a. Avec un tableur, on obtient :

***b* (m)**	***i* (m)**	**1/b (m^{-1})**
2,00E-04	1,2E-02	5,00E+03
3,00E-04	8,4E-03	3,33E+03
5,00E-04	5,0E-03	2,00E+03

On trace la courbe donnant les variations de *i* en fonction de 1/b.
On obtient une droite qui passe par l'origine (voir ci-contre) ;
i est donc proportionnel à 1/b.



b. Les deux premières expressions sont à exclure, car il n'y a pas de proportionnalité entre *i* et 1/b.
La dernière relation est également à exclure car i n'est pas homogène à une longueur.
Seule la troisième relation est conforme : $i = \frac{\lambda \cdot D}{b}$

3. On n'observe pas de figure d'interférences à partir de deux lasers identiques éclairant une même zone de l'écran.

4. $i = \frac{\lambda \cdot D}{b}$ *avec* *i* : interfrange en m.
λ : longueur d'onde de la source en m.
b : largeur de l'interfente en m.
D : distance écran-fentes en m.

B. Application à la détermination du pas d'un réseau

5. On remplace les fentes d'Young par un réseau 100 traits/mm.
On utilise un laser λ = 632,8 nm avec une précision de 0,2 nm.
On se place à une distance *D* = 2,00 m de l'écran.
On mesure l'interfrange *i* = 12,5 cm.

$$b = \frac{\lambda \cdot D}{i} = \frac{632{,}8 \,.\, 10^{-9} \,.\, 2{,}00}{12{,}5 \,.\, 10^{-2}} = 1{,}01 \,.\, 10^{-5}\ \text{m}$$

6.a. $U(\lambda) = 0{,}2$ nm

$$U(i) = \sqrt{2} \times \frac{2 \times 1}{\sqrt{12}} = 0{,}8\ \text{mm} = 1\ \text{mm}$$

$$U(D) = \sqrt{2} \times \frac{2 \times 1}{\sqrt{12}} = 0{,}8\ \text{cm} = 1\ \text{cm}$$

Remarque : Lorsque la mesure est obtenue par double lecture (sur une échelle ou sur un cadran), pour un niveau de confiance de 95 %, l'incertitude de la mesure liée à la lecture est estimée à

$$U_{\text{double lecture}} = = \sqrt{2} \text{ x } \frac{\text{2 graduations}}{\sqrt{12}}$$

b. $U(b) = b \cdot \sqrt{\left(\frac{U(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{U(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2}$

$U(b) = 1{,}00 \times 10^{-5} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}2}{632{,}8}\right)^2 + \left(\frac{1}{125}\right)^2 + \left(\frac{1}{200}\right)^2}$

$U(b) = 1 \times 10^{-7}\ \text{m} = 1 \times 10^{-4}\ \text{mm}$

c. $b = (1{,}01 \times 10^{-2} \pm 0{,}01 \times 10^{-2})$ mm
ou $b \in [1{,}00 \times 10^{-2} ; 1{,}02 \times 10^{-2}]$
b est conforme à l'indication du fabricant : $1{,}01 \times 10^{-2}$ mm.