## EXERCICE C L'EXPÉRIENCE DES TROUS D'YOUNG (5 points)

Dans cet exercice, on utilise la figure d'interférences obtenues dans l'expérience des trous d'Young pour déterminer une valeur de longueur d'onde lumineuse du laser utilisé.

La figure 1 ci-dessous décrit le trajet des ondes lumineuses issues des deux trous d'Young. Chaque trou se comporte comme une source ponctuelle d'ondes lumineuses.

- $S_1$ et $S_2$ les trous d'Young
- $b$ est la distance entre les deux trous d'Young
- $D$ est la distance entre le plan de deux trous d'Young et l'écran
- M est le point de l'écran où l'on observe les interférences
- La distance $D$ est très supérieure à la distance $b$ ($D >> b$).

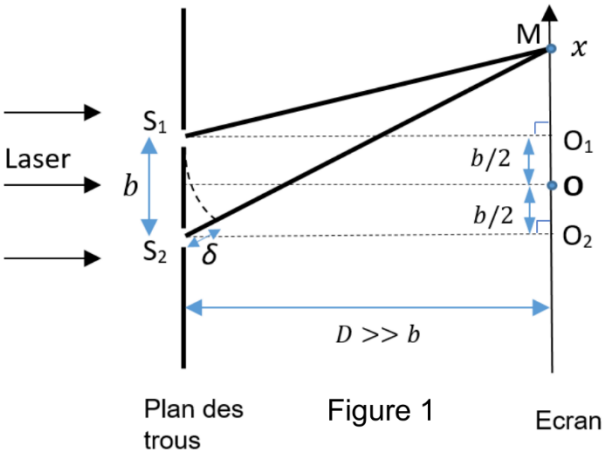


Figure 1

On note $S_1M$ la distance qui sépare $S_1$ de M et $S_2M$ la distance qui sépare $S_2$ de M.

**Données :**

- La différence de chemin optique, ou différence de marche, δ des deux ondes au point M de coordonnée x s'exprime sous la forme :
$$\delta = n_{milieu} \cdot (S_2M - S_1M)$$
avec $n_{milieu}$ l'indice de réfraction du milieu traversé.
- La valeur de la vitesse de la lumière dans l'air $v_{air}$ est égale à $c = 3{,}0 \cdot 10^8$ m.s$^{-1}$.
- L'indice de réfraction d'un milieu est par définition $n_{milieu} = \frac{c}{v_{milieu}}$
avec $v_{milieu}$ la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu étudié.

**Relation entre l'interfrange et la longueur d'onde**

**1.** Justifier que la différence de marche $\delta$ peut être assimilée à $(S_2M - S_1M)$ dans le cas où le milieu traversé par les ondes lumineuses est l'air.

**2.** En appliquant le théorème de Pythagore dans les triangles $S_1O_1M$ et $S_2O_2M$ de la figure 1, donner les expressions de $(S_1M)^2$ et $(S_2M)^2$ en fonction de $D$, $x$ et $\frac{b}{2}$.

La distance $D$ entre les trous d'Young et l'écran étant très supérieure à $b$, on peut montrer que $(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = 2\,D\,\delta$

**3.** En s'appuyant sur les résultats de la question précédente, en déduire que la différence de marche s'écrit : $\delta = \frac{x.b}{D}$.

La figure 2 ci-après représente la figure d'interférences obtenue avec deux trous d'Young.

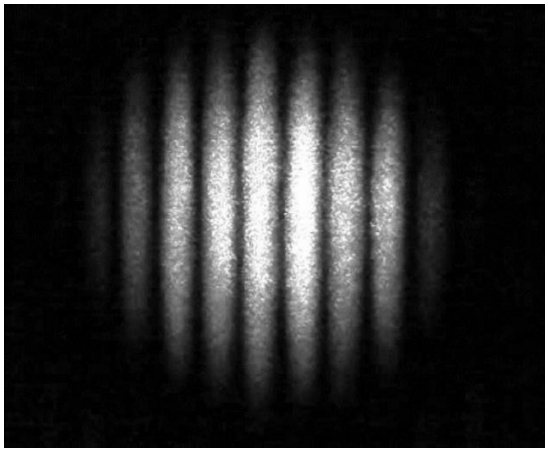


Figure 2 : Figure d'interférences de l'expérience de Young

*Source : f-legrand.fr*

**Données :**

- Les interférences de deux ondes de même longueur d'onde $\lambda$ et synchrones en un point sont :
  - constructives en tout point où $\delta = k \cdot \lambda$ (avec k un entier relatif),
  - destructives en tout point où $\delta = (k+\frac{1}{2}) \cdot \lambda$ (avec k un entier relatif).
- La distance entre les trous d'Young est $b = 2{,}0 \times 10^{-4} \pm 0{,}1 \times 10^{-4}$ m ;
- La distance $D$ entre le plan des trous et l'écran a pour valeur $D = 119{,}0 \pm 0{,}5$ cm.

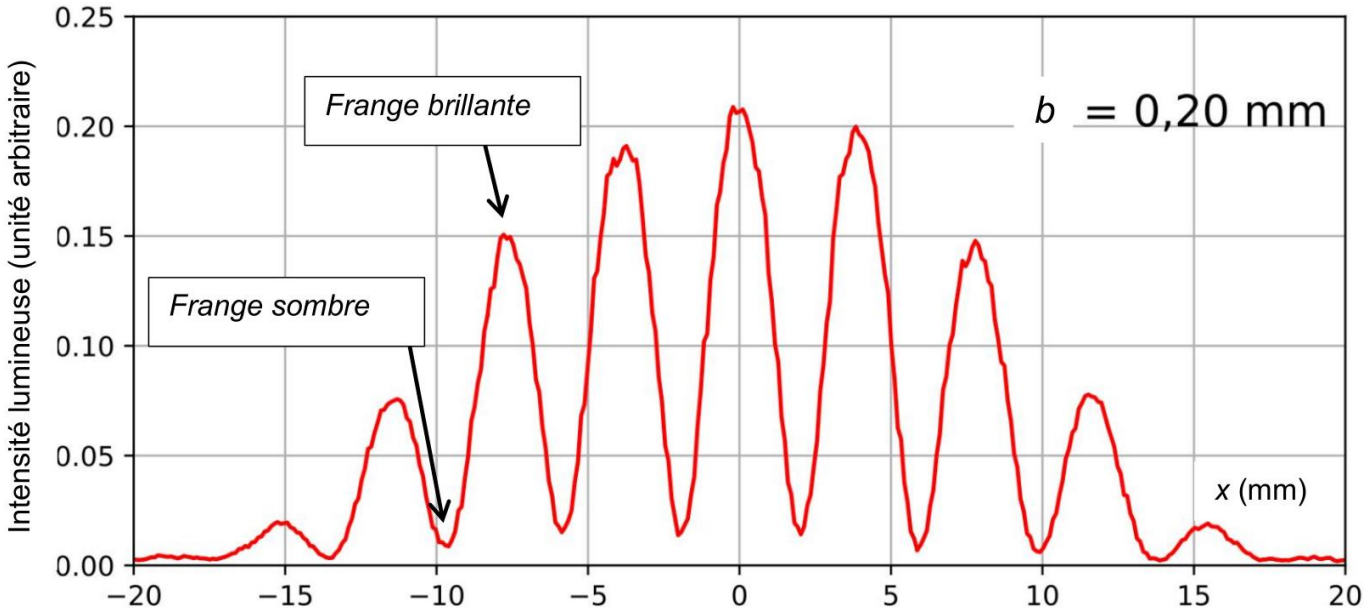



Figure 3 : Courbe représentant les variations d'intensité lumineuse pour la figure d'interférences de l'expérience de Young

*Source : f-legrand.fr*

**4.** À l'aide des données et en admettant que $\delta = \frac{x.b}{D}$, montrer que $x = \frac{k.\lambda.D}{b}$ pour un point M situé au maximum d'intensité d'une frange brillante.

L'interfrange, notée *i*, est par définition la distance entre deux franges de même nature consécutives.

**5.** Établir l'expression de l'interfrange *i* en fonction de $\lambda$, *b* et *D*.

**6.** À l'aide de la figure 3 déterminer précisément la valeur de l'interfrange *i*.

**7.** En déduire la valeur de la longueur d'onde de la lumière utilisée dans cette expérience.

### Identification du laser utilisé

Plusieurs lasers ont pu être utilisés dans cette expérience :

| Laser | bleu | vert | Rouge A | Rouge B | Rouge C |
|---|---|---|---|---|---|
| Longueur d'onde | 473 nm | 532 nm | 632 nm | 650 nm | 694 nm |

On admet que l'incertitude-type sur la longueur d'onde $\lambda$, notée u($\lambda$), est donnée par la relation :

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

*u(λ), u(b), u(i)* et *u(D)* sont les incertitudes-types associées respectivement aux valeurs de $\lambda$, *b*, *i* et *D*.

On considère que l'incertitude sur *i* est *u*(*i*) = 0,1 mm.

8. Parmi les lasers cités, identifier le (ou les) laser(s) qui ont pu être utilisé(s) pour réaliser l'expérience.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives, à justifier ses choix et à présenter sa démarche.*