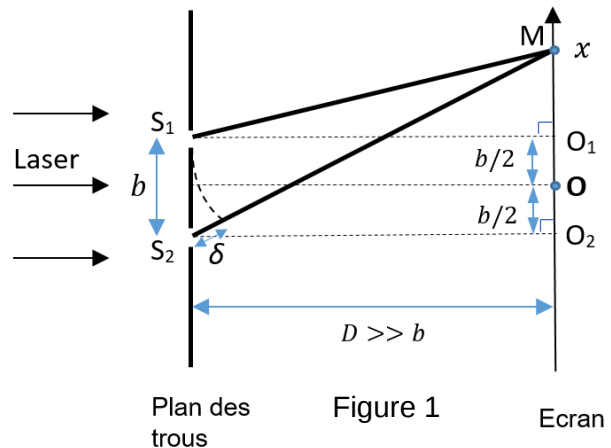


Asie 2022 **EXERCICE C - L'EXPERIENCE DES TROUS D'YOUNG (5 points)**  
**Mots-clés : interférences de deux ondes lumineuses, interfrange, incertitudes.**

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  $b$  ( $D \gg b$ ).



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,  $\delta$  des deux ondes au point  $M$  de coordonnée  $x$  s'exprime sous la forme :

$$\delta = n_{\text{milieu}} \cdot (S_2M - S_1M)$$

avec  $n_{\text{milieu}}$  l'indice de réfraction du milieu traversé.

- La valeur de la vitesse de la lumière dans l'air  $v_{\text{air}}$  est égale à  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .
- L'indice de réfraction d'un milieu est par définition  $n_{\text{milieu}} = \frac{c}{v_{\text{milieu}}}$   
avec  $v_{\text{milieu}}$  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 :  $\delta = \frac{x \cdot b}{D}$

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

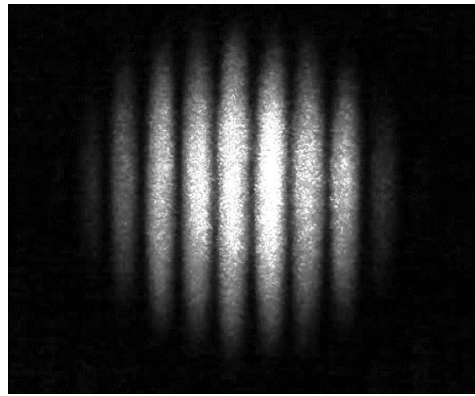


Figure 2 : Figure d'interférences de l'expérience de Young

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  $b = 2,0 \cdot 10^{-4} \pm 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$  ;
- La distance  $D$  entre le plan des trous et l'écran a pour valeur  $D = 119,0 \pm 0,5 \text{ cm}$ .

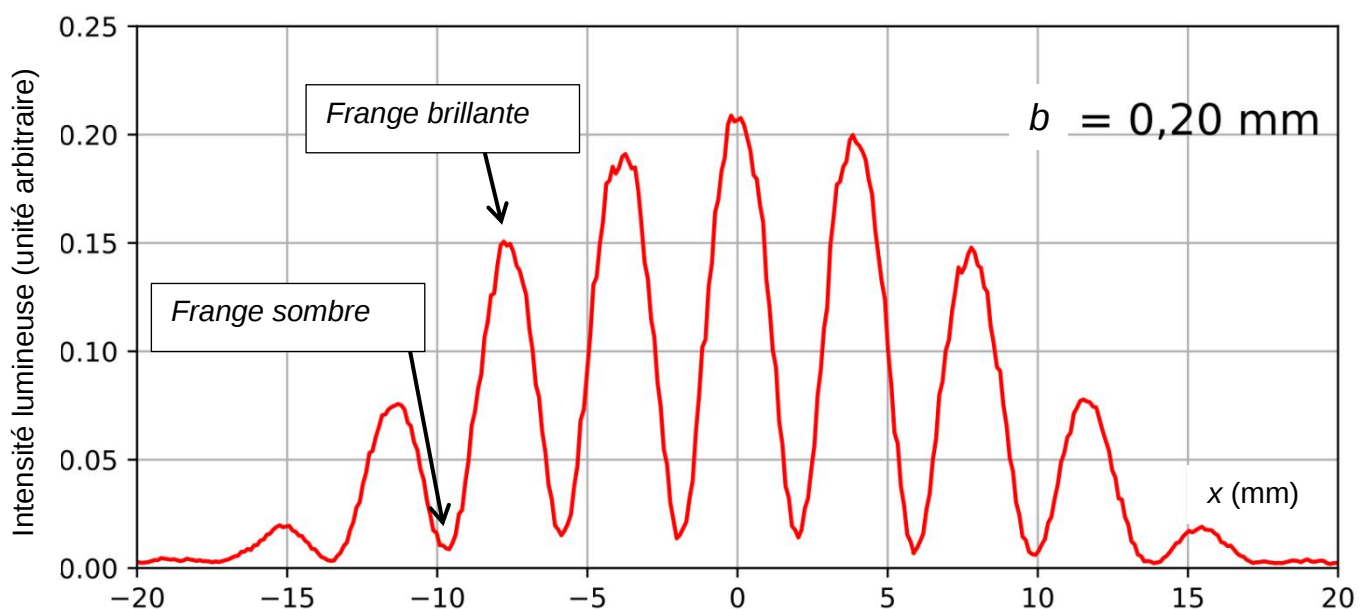


Figure 3 : Courbe représentant les variations d'intensité lumineuse pour la figure d'interférences de l'expérience de Young

Source : f-legrand.fr

4. À l'aide des données et en admettant que  $\delta = \frac{x \cdot b}{D}$ , montrer que  $x = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}$  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 :

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

$u(\lambda)$ ,  $u(b)$ ,  $u(i)$  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.*