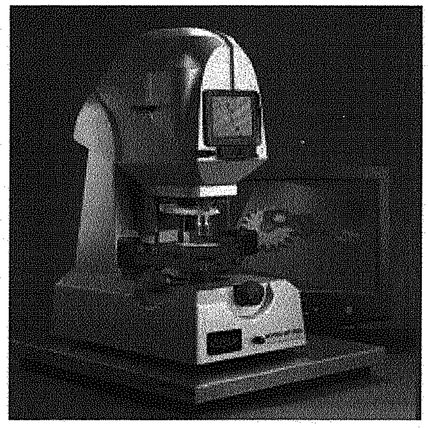
Tp Interferences

CONTEXTE DU SUJET

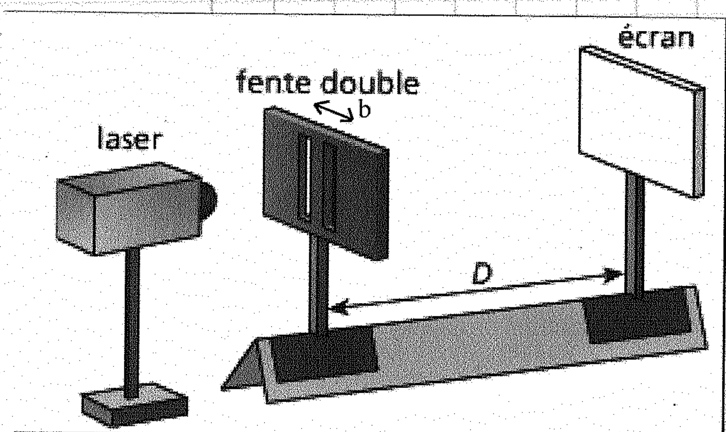
Les objets transparents sont nombreux en biologie, et les microscopistes sont obligés d'avoir recours à des méthodes de coloration pour les apercevoir. Dans le cas d'objets vivants, leurs effets sont très nuisibles et l'intérêt des microscopes interférentiels est de permettre l'observation d'objets vivants dans des conditions de contraste aussi favorables que dans l'étude des objets morts après coloration. Un autre avantage de ces instruments est qu'il est possible de mesurer l'indice ou l'épaisseur des éléments transparents examinés. Enfin leur emploi ne se limite pas à la biologie, et ils trouvent de nombreuses autres applications en chimie, en physique et dans différentes techniques industrielles.

Le principe des microscopes interférentiels à deux ondes est basé sur la célèbre expérience de Thomas Young réalisée en 1801. Expérience maintenant célèbre puisqu'elle permit de mettre en évidence le caractère ondulatoire de la lumière.

Dans ce Tp, nous allons étudier les figures d'interférences.

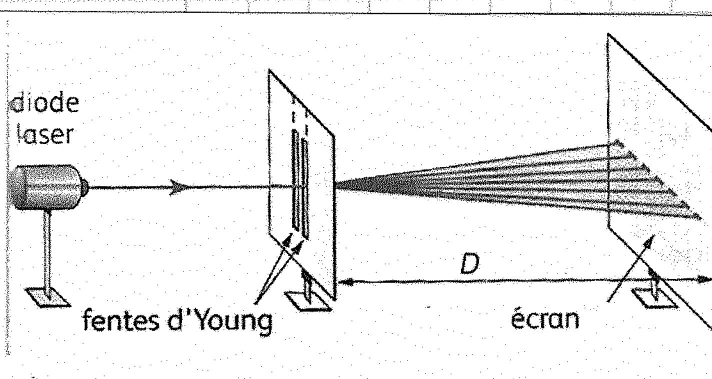


I Approche qualitative



Je réalise le dispositif ci contre

Deux fentes fines de largeur a distantes l'une de l'autre de b sont placés sur le trajet d'un faisceau laser de longueur d'onde λ.



Sur un écran placé à une distance D de la double fente, on visualise les figures d'interférence :

Une succession de franges claires et sombres de même intensité.

La distance entre 2 franges claires est appelée interfrange i. Dans le cours on a noté

$$\boxed{i = \frac{\lambda D}{b}}$$

Rem En toute rigueur on visualise des franges d'interférence sur lesquelles se superposent la figure de diffraction. De sorte que quelques taches sont plus lumineuses que les autres.

J'observe que l'interfrange i augmente lorsque
- l'interfente b diminue
- la distance D à l'écran augmente.

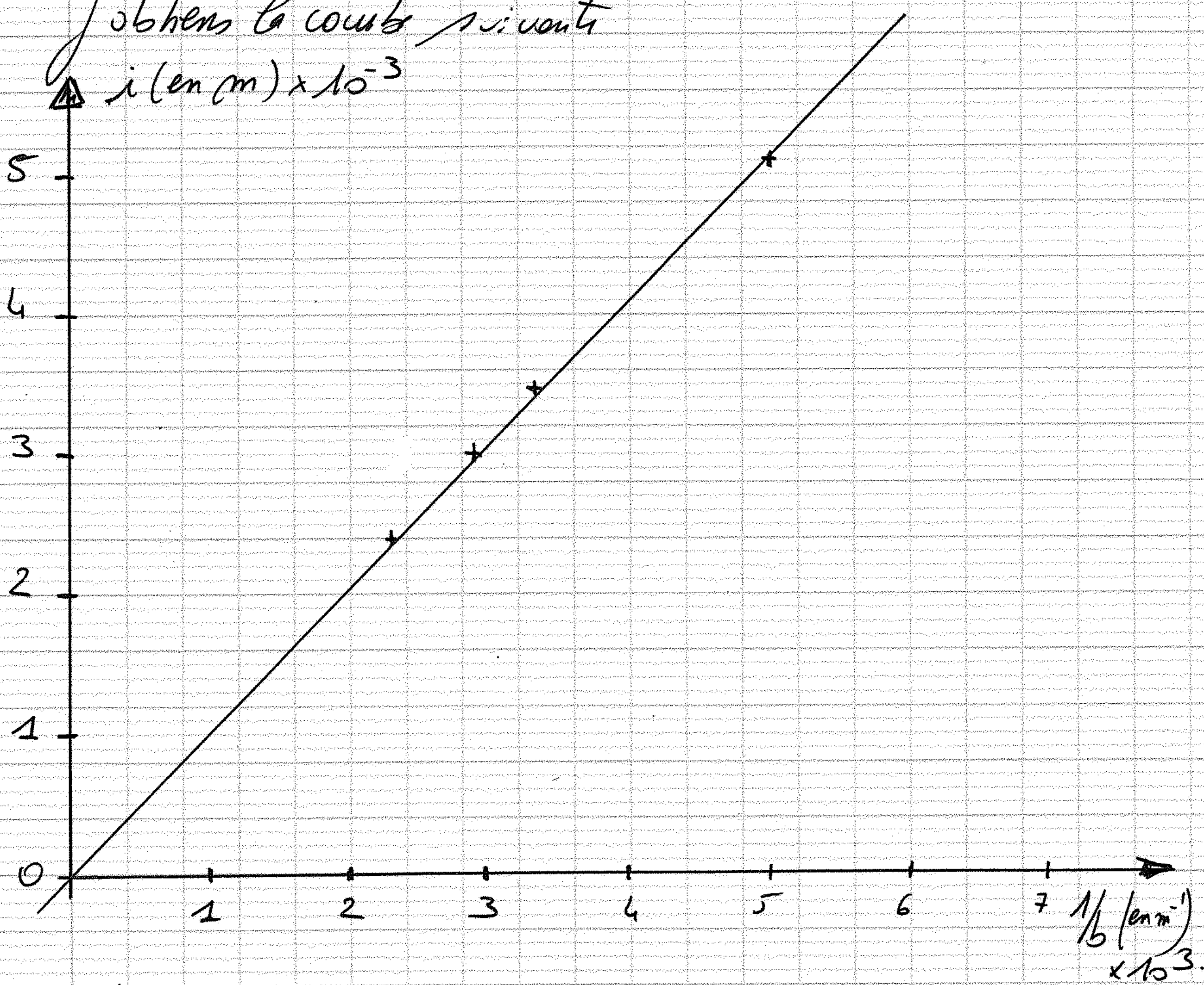
Observations en accord avec la formule vue en cours de l'interfrange puisque
- l'interfente b est au dénominateur
- la distance D est au numérateur.

III Approche quantitative

Pour une longueur d'onde $\lambda = 650$ nm donnée par le constructeur du laser, et une distance écran $D = 160$cm fixée, je vais relever la valeur interfrange i pour diverses valeurs interfentes b données (voir tableau)

n° de la bifente young	1 Pierron n°1	2 Pierron n°2	3	4 Pierron n°3
b (en mm)	0,20	0,30	0,34	0,44
b x 10^{-4} (en m)	2,0	3,0	3,4	4,4
1/b (en m^{-1}) x 10^{3} (ING)	5,0	3,33	2,9	2,27
i (en cm)	0,51	0,347	0,30	0,24
i (en m) x 10^{-3}	5.1	3,47	3.0	2,4.

J'obtiens la courbe suivante



Je visualise une droite qui passe par l'origine
→ il y a donc une relation de proportionnalité de la forme

$$i = k \times \frac{1}{b}$$ avec k = coefficient directeur

$$k = \frac{y_B}{x_B} = \frac{5,1 \times 10^{-3}}{5,0 \times 10^{3}} = 1,02 \times 10^{-6} \, m^2$$
$$= 10,2 \times 10^{-7} \, m^2$$

à comparer avec la relation $i = \frac{\lambda D}{b} = \lambda \times D \times \frac{1}{b}$

$\Rightarrow k_{exp} = 10,2 \times 10^{-7} = \lambda \times D$

$\Rightarrow \lambda_{exp} = \frac{k_{exp}}{D} = \frac{10,2 \times 10^{-7}}{1,60} = 6,38 \times 10^{-7} \, m$

$\Rightarrow \lambda_{exp} = 638 \times 10^{-9} \, m = 638 \, nm$

valeur à comparer avec la valeur donnée par le fabricant $\lambda = 650 \, nm$.

L'écart s'explique par des incertitudes expérimentales.

IV. Incertitudes

Il suffit d'appliquer les formules données, à ne pas connaître par coeur

Indications pour l'évaluation des incertitudes.

- Pour calculer la longueur d'onde λ, on a la relation $\lambda = \frac{i \times b}{D}$ L'incertitude Δλ sur la mesure de la longueur d'onde λ est donnée par la relation

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

- Pour l'incertitude Δi sur la mesure de l'interfrange i, il existe deux contributions.
  - L'une est due aux lectures sur la règle utilisée pour faire cette mesure.
  - L'autre résulte de la difficulté d'identifier parfaitement les positions des minima (ou maxima) d'éclairement.

  On supposera que cette incertitude Δi a pour valeur Δi = 0,1 mm.

- Pour l'incertitude Δb sur la distance b de l'interfente, elle est donnée par le constructeur Δb = 2 μm

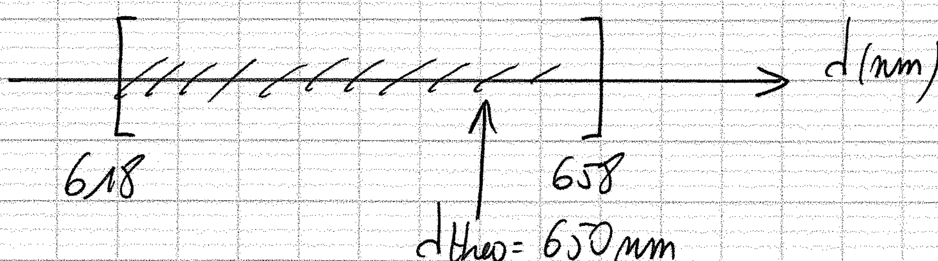
- Pour l'incertitude ΔD sur la mesure de la distance D à l'écran, on évalue l'incertitude liée au mètre-ruban à ΔD = 1 cm

pour fente 2

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

$$\Delta d = 638 \times \sqrt{\left(\frac{0,1}{3,5}\right)^2 + \left(\frac{2}{300}\right)^2 + \left(\frac{1}{160}\right)^2} = 19,1\,nm \simeq 20\,nm$$

$\hookrightarrow \quad d_{exp} = (638 \pm 20)\,nm$



La valeur théorique appartient à l'intervalle de confiance.