

**EXERCICE 2 : utilisation d'un laser comme instrument de mesure (6 points)**

On souhaite savoir si un voile en polyester peut être utilisé comme moustiquaire. Pour ce faire, on mesure la taille des mailles rectangulaires à l'aide d'un montage de laboratoire.

**1. Vérification de la longueur d'onde du laser**

Le montage ci-dessous est réalisé avec une diapositive comportant une fente de largeur connue.

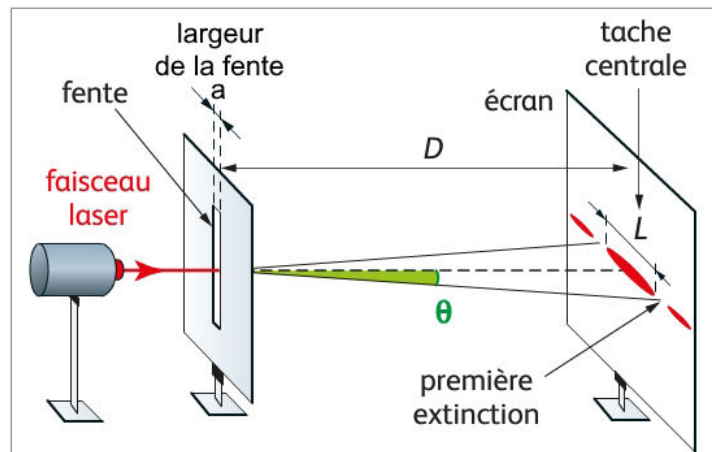


Figure 1 : montage de diffraction

Une série de mesures, avec une distance  $D = (1800 \pm 2)$  mm est effectuée. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

|                       |    |    |    |    |     |     |     |
|-----------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| $a$ ( $\mu\text{m}$ ) | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 | 150 | 200 |
| $L$ (mm)              | 77 | 59 | 40 | 30 | 24  | 16  | 12  |

**Données :**

- approximations des petits angles, exprimés en radians :  $\sin \theta \approx \theta$  et  $\tan \theta \approx \theta$  ;
- relation théorique entre l'angle de diffraction  $\theta$  et la valeur de la largeur de la fente  $a$  pour les petits angles :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  ;
- accord d'une mesure avec une valeur de référence : on compare, le cas échéant, le résultat d'une mesure  $X$  à une valeur de référence  $X_{\text{réf}}$  en utilisant le quotient  $\left| \frac{X - X_{\text{réf}}}{u(X)} \right|$  où  $u(X)$  est l'incertitude-type associée au résultat.

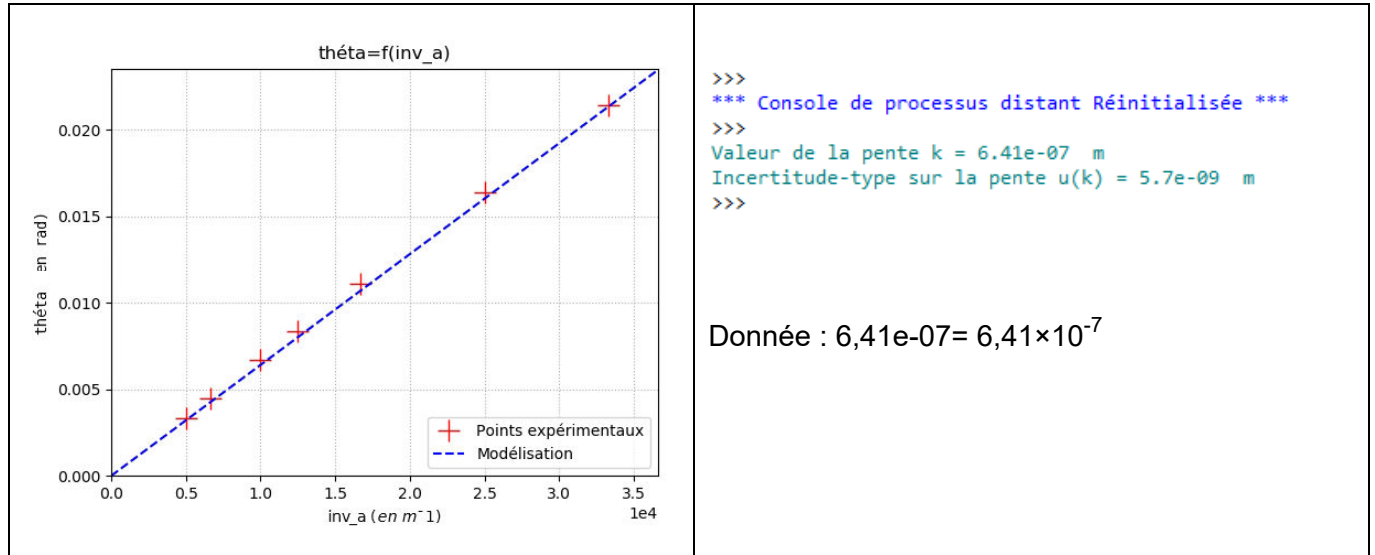
**Q.1.** Exprimer, à l'aide de la figure 1, l'angle de diffraction  $\theta$  en fonction de la largeur  $L$  de la tache centrale et de la distance  $D$ .

## Exercice 2

En utilisant un tableur et la relation précédente, on obtient le tableau suivant :

|                               |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| $1/a \text{ (m}^{-1}\text{)}$ | $3,33 \cdot 10^4$    | $2,50 \cdot 10^4$    | $1,67 \cdot 10^4$    | $1,25 \cdot 10^4$    | $1,00 \cdot 10^4$    | $6,67 \cdot 10^3$    | $5,00 \cdot 10^3$    |
| $\theta \text{ (rad)}$        | $2,14 \cdot 10^{-2}$ | $1,64 \cdot 10^{-2}$ | $1,11 \cdot 10^{-2}$ | $8,33 \cdot 10^{-3}$ | $6,67 \cdot 10^{-3}$ | $4,44 \cdot 10^{-3}$ | $3,33 \cdot 10^{-3}$ |

Un script écrit en langage python permet ensuite de tracer  $\theta = f(1/a)$ . On obtient les figures 2 et 3 ci-dessous dans lesquelles  $\theta$  sera noté  $\theta$  et  $1/a$  sera noté  $\text{inv\_a}$  :



- Q.2.** Dédurre des informations précédentes la valeur de la longueur d'onde  $\lambda_{\text{laser}}$  du laser utilisé. Justifier.
- Q.3.** Indiquer si la valeur mesurée est en accord avec la longueur d'onde  $\lambda_{\text{réf}} = 650 \text{ nm}$  indiquée sur la notice fournie par le constructeur.

## 2. Mesure de la taille d'une maille rectangulaire d'un voile polyester

Le but de cette partie est de mesurer les dimensions  $b$  et  $b'$  du voile polyester disponible dont le maillage est représenté sur la figure suivante :

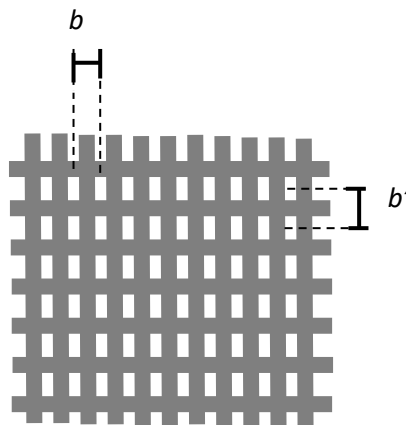


Figure 4. Schéma du maillage du voile

## Exercice 2

On réalise une expérience d'interférences pour évaluer ces dimensions en utilisant la diode laser précédente et en réalisant le montage suivant :

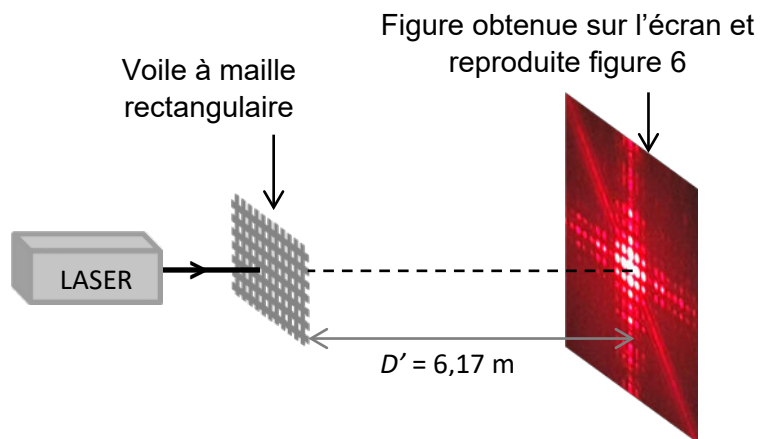


Figure 5. Montage utilisé (échelle non respectée)

### Données :

- diode laser de longueur d'onde  $\lambda = (650 \pm 20) \text{ nm}$  où ce qui suit le  $\pm$  représente l'incertitude-type associée à la longueur d'onde ;
- distance  $D' = (6,17 \pm 0,03) \text{ m}$  où ce qui suit le  $\pm$  représente l'incertitude-type associée à la distance ;
- on note  $b$  la distance entre les centres de deux trous consécutifs du maillage horizontal et  $b'$  la distance entre les centres de deux trous consécutifs du maillage vertical du voile ;
- la figure d'interférences obtenue est donnée sur la figure suivante :

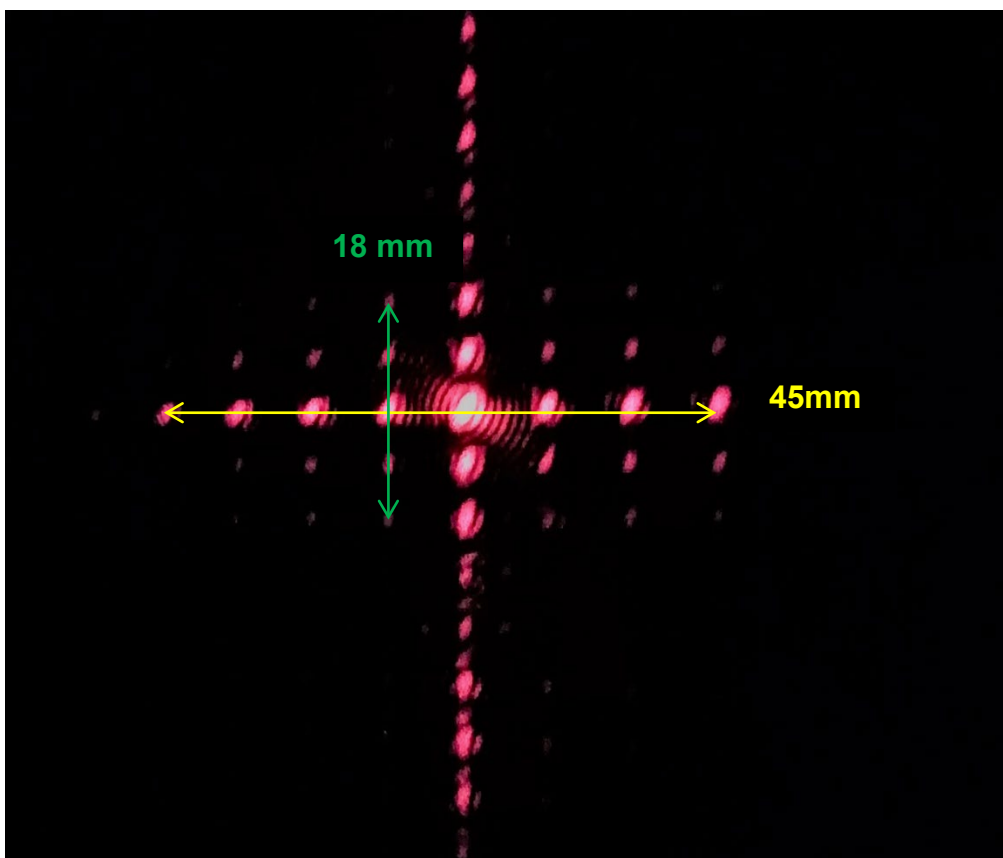


Figure 6 : interférences obtenues avec le voile

## Exercice 2

- l'interfrange horizontale, notée  $i$ , est définie comme la distance entre les centres de deux taches lumineuses successives selon l'axe horizontal identifié sur la figure 6 ;
- l'interfrange verticale, notée  $i'$ , est définie comme la distance entre les centres de deux taches lumineuses successives selon l'axe vertical identifié sur la figure 6 ;
- L'expression de l'interfrange est donnée par la relation :  $i = \frac{\lambda \times D'}{b}$  et  $i' = \frac{\lambda \times D}{b'}$  ;
- L'incertitude-type  $u(b)$  sur la grandeur  $b$  peut se calculer à partir de la relation :

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

où  $u(x)$  désigne l'incertitude-type associée à la grandeur  $x$ .

- Q.4.** Évaluer les valeurs des interfranges,  $i$  et  $i'$ , à l'aide des dimensions figurant sur la figure 6.
- Q.5.** En déduire les valeurs des dimensions  $b$  et  $b'$  du voile utilisé, ainsi que leurs incertitudes associées, en considérant les incertitudes-types sur  $i$  et  $i'$  :  $u(i) = u(i') = 0,1\text{mm}$ . Écrire les résultats avec un nombre adapté de chiffres significatifs.
- Q.6.** Expliquer pourquoi la distance  $D$  utilisée dans le montage de la partie 1 a dû être remplacée par une distance  $D'$  pour effectuer la mesure de la partie 2.

Selon les recommandations de l'ECARF (fondation européenne de recherche sur les allergies), une moustiquaire anti-pollen doit posséder à minima 3 fois plus d'ouvertures par  $\text{cm}^2$  qu'une moustiquaire classique qui en comporte 50 par  $\text{cm}^2$ .

- Q.7.** Estimer le nombre d'ouvertures par  $\text{cm}^2$  du voile polyester testé. Indiquer s'il est utilisable comme moustiquaire anti-pollen selon l'ECARF.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche pertinente, même non aboutie, sera valorisée.*