

Exercice 1 Un tamis adapté ?

Les artémies (voir photo ci-contre) sont des crustacés élevés pour nourrir les poissons des aquariums. Leur taille doit être adaptée à l'espèce de poisson à nourrir. On utilise des tamis calibrés pour les sélectionner.

Source : <https://fr.m.wikipedia.org>

On se propose dans cet exercice de déterminer la taille des mailles d'un tamis en utilisant une diode laser émettant une lumière de longueur d'onde $\lambda = 650 \text{ nm}$.

Partie 1 - Vérification de la valeur de la longueur d'onde de la diode laser utilisée

Pour vérifier la valeur de la longueur d'onde de la diode laser annoncée par le constructeur, on réalise une expérience dont le schéma est donné ci-dessous (figure 1).

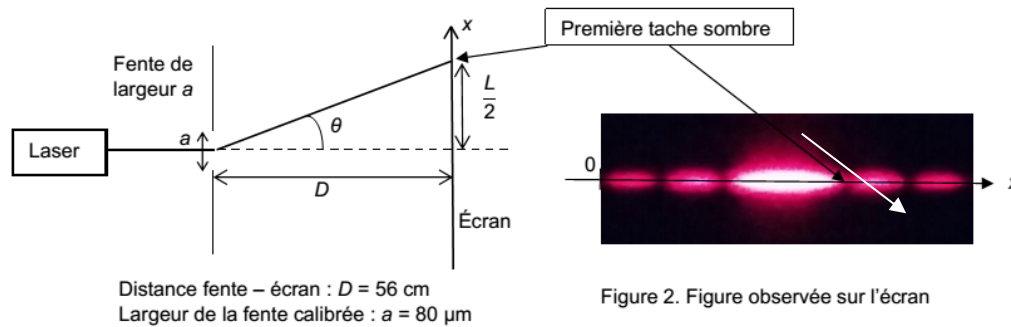


Figure 1. Schéma de l'expérience (échelle non respectée)

Figure 2. Figure observée sur l'écran

1. **Nommer** le phénomène physique responsable des taches lumineuses observées sur l'écran.
2. On considère que l'angle est très petit (θ très inférieur à 1 rad) et qu'en conséquence $\tan \theta \approx \theta$. **Déterminer** l'expression de l'angle θ en fonction de la largeur L de la tache centrale et de D .
3. **Exprimer** l'angle θ en fonction de la longueur d'onde et de la largeur de la fente a , puis **en déduire**, en utilisant la réponse précédente, l'expression de la longueur d'onde λ en fonction de L , a et D .

Pour faire une mesure précise, on remplace l'écran par une caméra qui permet d'obtenir l'intensité lumineuse relative* en fonction de la position x , repérée selon l'axe indiqué sur la photo de la figure 2. L'origine $x = 0 \text{ m}$ est prise sur le bord du capteur de la caméra. On obtient alors la figure 3 ci-dessous.
* L'intensité lumineuse relative est le rapport de l'intensité lumineuse reçue par le capteur sur l'intensité maximale reçue.

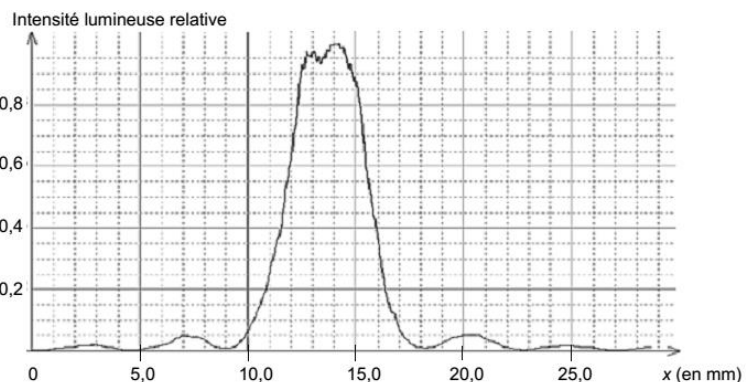


Figure 3. Intensité lumineuse relative en fonction de la position sur l'écran

4. **Déterminer** la valeur de la longueur d'onde de la diode laser utilisée en exploitant la courbe de la figure 3. **Commenter** votre résultat au regard de la valeur annoncée par le constructeur.

Partie 2 - Calibrage du tamis de récupération

Le but de cette partie est de vérifier que le tamis disponible, dont le maillage est représenté sur la figure 5, permet de récupérer toutes les artémies d'une taille supérieure à $150 \mu\text{m}$. On réalise une expérience d'interférences pour évaluer les dimensions du tamis en utilisant la diode laser précédente. La largeur du fil plastique constituant le tamis est égale à $230 \mu\text{m}$.

L'expérience d'interférences est décrite ci-dessous :

- le montage utilisé est donné sur la figure 4 ;
- on utilise la diode laser de longueur d'onde $\lambda = (650 \pm 10) \text{ nm}$ (ce qui indique que l'incertitude-type sur la longueur d'onde est estimée à $u(\lambda) = 10 \text{ nm}$) ;
- la distance entre le tamis et l'écran vaut $D = (7,75 \pm 0,03) \text{ m}$ (donc $u(D) = 0,03 \text{ m}$) ;
- on note b la distance entre les centres de deux trous consécutifs du maillage du tamis ;
- la figure d'interférences obtenue est donnée sur les figures 6 (échelle réduite) et 7 (échelle 1/1) page suivante.

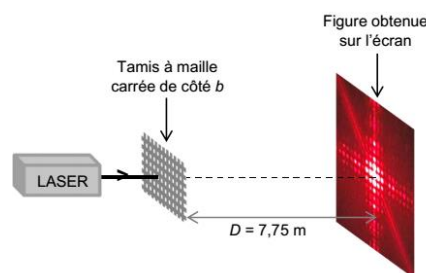


Figure 4. Montage utilisé (échelle non respectée)

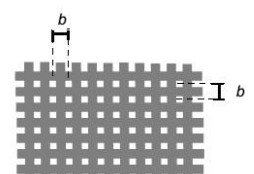


Figure 5. Schéma du maillage du tamis

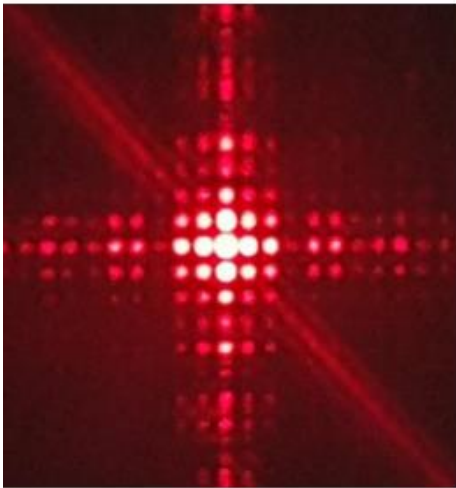


Figure 6. Figure d'interférences obtenue

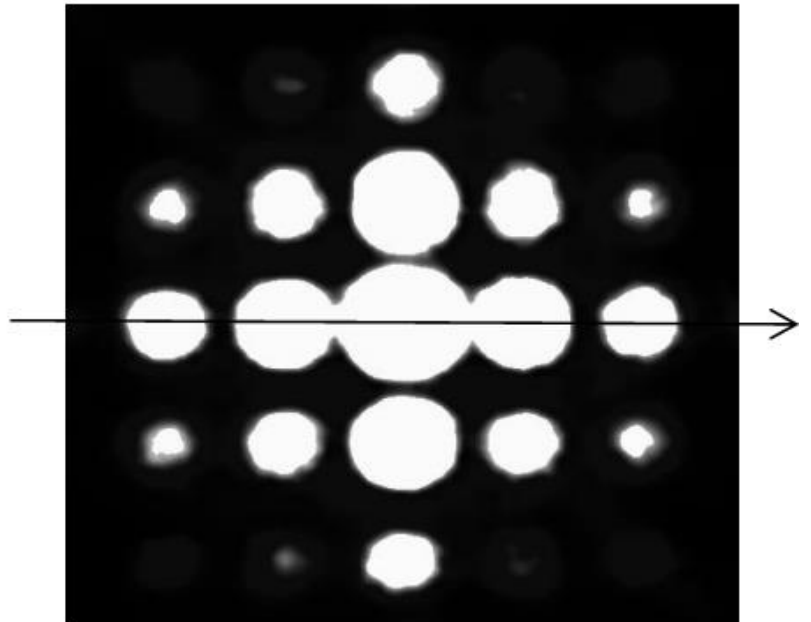


Figure 7. Tache centrale de la figure d'interférences à l'échelle 1/1

Le centre de la figure d'interférences de la figure 6 est représenté sur la figure 7 ci-dessus à l'échelle 1/1. L'interfrange, noté i , est défini comme la distance entre les centres de deux taches lumineuses successives selon l'axe identifié sur la figure 7.

Comme pour deux fentes uniques, l'expression de l'interfrange est donnée par la relation : $i = \frac{\lambda \times D}{b}$.

5. **Évaluer** la valeur de l'interfrange i en explicitant la méthode suivie pour obtenir la meilleure précision.
6. **Exprimer** puis **calculer** b puis indiquer en justifiant si le tamis étudié permet de récupérer les artémies voulues.
7. L'incertitude-type $u(b)$ sur la grandeur b peut se calculer à partir de la relation :

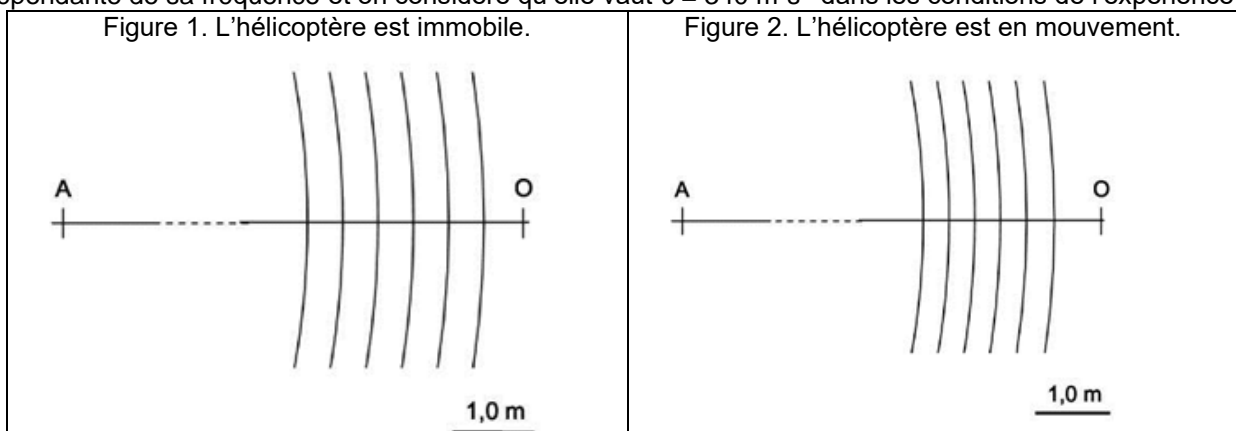
$$u(b) = b \times \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2} \quad \text{où } u(x) \text{ désigne l'incertitude-type associée à la grandeur } x$$

- 7.1. En analysant votre mesure, **évaluer** l'incertitude-type $u(i)$ sur la mesure de l'interfrange i .
- 7.2. **En déduire** la valeur de $u(b)$ et confirmer ou infirmer votre réponse à la question 6.

Exercice 2 - Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler

On s'intéresse à un son émis par un hélicoptère et perçu par un observateur immobile. La valeur de la fréquence de l'onde sonore émise par l'hélicoptère est $f = 8,1 \times 10^2$ Hz.

Les portions de cercles des figures 1 et 2 ci-dessous donnent les maxima d'amplitude de l'onde sonore à un instant donné. Le point A schématise l'hélicoptère. Dans le cas de la figure 1, l'hélicoptère est immobile. Dans le cas de la figure 2, il se déplace à vitesse constante le long de l'axe et vers l'observateur placé au point O. La célérité du son dans l'air est indépendante de sa fréquence et on considère qu'elle vaut $c = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dans les conditions de l'expérience.



1. Décrire la perception de l'observateur par rapport à la situation où l'hélicoptère serait immobile.
2. On montre que la fréquence du son perçu par l'observateur, notée f_r , lorsque l'hélicoptère est en mouvement s'exprime par l'une des deux formules suivantes :
 - ① $f_r = \frac{c}{c-v} \times f$
 - ② $f_r = \frac{c}{c+v} \times f$
 où v est la vitesse de l'hélicoptère.
 À l'aide d'un raisonnement qualitatif, choisir la relation adaptée à la situation.
3. Déterminer, avec un maximum de précision, la longueur d'onde λ' de l'onde perçue lorsque l'hélicoptère est en mouvement rectiligne uniforme.
4. En déduire la valeur de f_r .
5. En déduire une estimation de la valeur de la vitesse de l'hélicoptère en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.