

## Exercice – Diffraction par un brin de matière synthétique

### Remarque

Bac 2025 – Métropole, jour 1 – Sciences physiques pour les sciences de l'ingénieur : partie 2, exercice A « Un brin en matière synthétique » (extrait : questions Q1 à Q5). Sujet conservé à côté de ce fichier (2025-Metro-SI-J1-ExoA-Sujet-Diffraction.pdf).

### Exercice A – Un brin en matière synthétique

Les violonistes frottent habituellement leurs cordes à l'aide de brins en matière naturelle issus de la crinière de chevaux. De nouveaux brins en matière synthétique sont de plus en plus utilisés par les musiciens.

L'objectif de cet exercice est de déterminer le diamètre du nouveau brin en matière synthétique à l'aide du phénomène de diffraction et de le comparer au diamètre d'un brin prélevé sur la crinière de chevaux.

#### Données :

- Longueur d'onde du laser :  $\lambda = 6,5 \times 10^{-7} \text{ m}$  avec une incertitude-type  $u(\lambda) = 0,1 \times 10^{-7} \text{ m}$ ;
- Distance entre le brin et l'écran  $D = 1,7 \text{ m}$ ;
- Largeur de la tache centrale notée  $L$ , l'incertitude-type associée est  $u(L) = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$ .

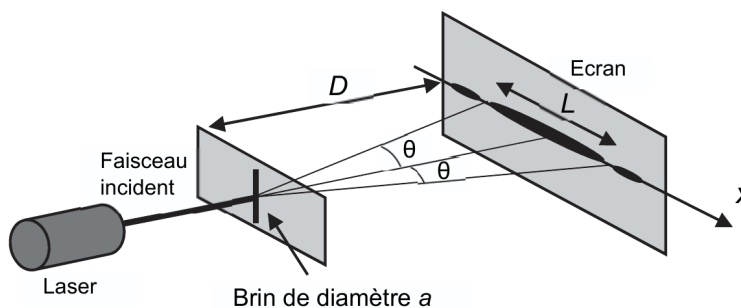


FIGURE 1 – Schéma du montage de diffraction d'un faisceau laser par un brin

Le demi-angle caractéristique de diffraction  $\theta$ , en radians, a pour expression :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  ;  $\theta$  étant petit, on peut considérer que la valeur de la tangente de  $\theta$  est égale à  $\theta$  :  $\tan \theta = \theta$ .

**Q1.** À l'aide de la figure 1, donner l'expression de  $\theta$  en fonction de la distance  $D$  entre le brin et l'écran et de la largeur  $L$  de la tache centrale.

#### ✓ Correction

Sur la figure 1,  $\theta$  est le demi-angle au sommet du cône de diffraction : c'est l'angle entre l'axe du faisceau et la direction de la première extinction. Dans le triangle rectangle formé par l'axe, l'écran et cette direction :

$$\tan \theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$$

L'angle  $\theta$  étant petit,  $\tan \theta \approx \theta$ , d'où :

$$\theta \approx \frac{L}{2D}$$

## Exercice – Diffraction par un brin de matière synthétique

Q2. Montrer que le diamètre  $a$  du brin en matière synthétique a pour expression  $a = \frac{2D\lambda}{L}$ .

✓ Correction

D'une part  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  (donnée de l'énoncé) et d'autre part  $\theta = \frac{L}{2D}$  (question Q1), donc :

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D} \quad \Rightarrow \quad a = \frac{2D\lambda}{L}$$

Une simulation permet d'obtenir la distribution de l'intensité lumineuse sur l'écran :

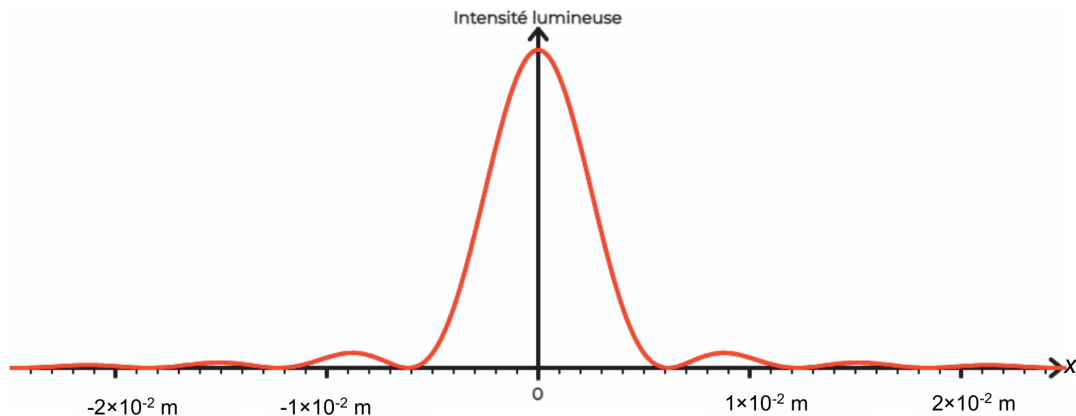


FIGURE 2 – Distribution de l'intensité lumineuse pour le brin en matière synthétique

Q3. À l'aide de la figure 2, montrer que la valeur du diamètre  $a$  du brin en matière synthétique est environ égale à  $1,8 \times 10^{-4}$  m.

✓ Correction

Sur la figure 2, la largeur  $L$  de la tache centrale est la distance entre les deux premiers minima d'intensité situés de part et d'autre de l'axe. Ces minima se placent à environ  $\pm 0,6 \times 10^{-2}$  m, soit

$$L \approx 1,2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

(soit 12 mm, valeur compatible avec la précision de lecture de l'axe). D'après la question Q2 :

$$a = \frac{2D\lambda}{L} = \frac{2 \times 1,7 \text{ m} \times 6,5 \times 10^{-7} \text{ m}}{1,2 \times 10^{-2} \text{ m}} = 1,8 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Le diamètre du brin en matière synthétique vaut donc environ  $1,8 \times 10^{-4}$  m (soit 0,18 mm).

Une bonne estimation de l'incertitude-type associée à  $a$  est donnée par la relation :  $u(a) = a \frac{u(L)}{L}$ .

## Exercice – Diffraction par un brin de matière synthétique

Q4. Calculer l'incertitude-type  $u(a)$  associée au diamètre du brin en matière synthétique.

✓ Correction

$$u(a) = a \frac{u(L)}{L} = 1,8 \times 10^{-4} \text{ m} \times \frac{1,0 \times 10^{-3} \text{ m}}{1,2 \times 10^{-2} \text{ m}} = 1,8 \times 10^{-4} \text{ m} \times 8,3 \times 10^{-2} \approx 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}$$

L'incertitude-type sur le diamètre vaut donc environ  $1,5 \times 10^{-5} \text{ m}$  (soit 0,015 mm) : le résultat s'écrit

$$a = (1,8 \pm 0,2) \times 10^{-4} \text{ m} \quad \text{soit} \quad 1,6 \times 10^{-4} \text{ m} \leq a \leq 2,0 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Q5. En tenant compte de l'incertitude-type, vérifier si le résultat du diamètre du brin en matière synthétique obtenu expérimentalement est en accord avec celui du brin issu de la crinière du cheval, qui vaut  $1,7 \times 10^{-4} \text{ m}$ .

✓ Correction

La valeur de référence  $a_{\text{réf}} = 1,7 \times 10^{-4} \text{ m}$  appartient à l'intervalle  $[1,6 \times 10^{-4} \text{ m}; 2,0 \times 10^{-4} \text{ m}]$  : les deux diamètres sont compatibles.

Pour comparer la mesure à la valeur de référence, on calcule le **z-score** (écart normalisé)  $z = \frac{|a_{\text{réf}} - a_{\text{exp}}|}{u(a)}$  :

$$z = \frac{|1,7 \times 10^{-4} - 1,8 \times 10^{-4}|}{1,5 \times 10^{-5}} = \frac{0,1 \times 10^{-4}}{1,5 \times 10^{-5}} \approx 0,7$$

$z < 2$  : le diamètre déterminé expérimentalement est donc **en accord** avec celui du brin issu de la crinière de cheval. Le brin en matière synthétique a un diamètre compatible avec celui du brin naturel : il peut le remplacer sans modifier le son de l'instrument.