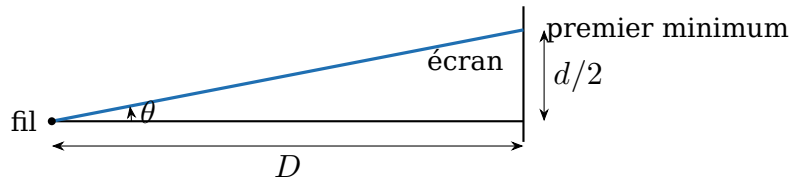


Contrôle optique d'un fil par diffraction

Terminale spécialité Physique-Chimie · Diffraction et interférences

1. Établissement de la relation $d = f(a)$

Sur le schéma, la demi-largeur $d/2$ de la tache centrale est observée sous l'angle θ entre l'axe et la direction du premier minimum :



La géométrie donne

$$\tan \theta = \frac{d/2}{D}.$$

Pour un petit angle, $\tan \theta \simeq \theta$, donc

$$\theta \simeq \frac{d}{2D}.$$

Avec la relation de diffraction $\theta = \lambda/a$:

$$\frac{d}{2D} = \frac{\lambda}{a} \quad \Rightarrow \quad \boxed{d = \frac{2\lambda D}{a}}.$$

2. Mesure du profil et contrôle de conformité

Le document 1 montre que la tache centrale est délimitée par les minima x_1 et x_2 . Dans chaque extrait du document 2, on retient la position pour laquelle l'intensité mesurée est la plus faible :

$$x_1 = -8,1 \text{ mm} \quad \text{et} \quad x_2 = +8,1 \text{ mm}.$$

Les intensités minimales ne sont pas exactement nulles, ce qui est normal pour des mesures réelles. La largeur de la tache centrale vaut :

$$d = x_2 - x_1 = 8,1 - (-8,1) = 16,2 \text{ mm}.$$

Le document 2 ne fournit que les valeurs mesurées par les pixels de la barrette, espacées d'un pas p . L'énoncé fixe donc explicitement :

$$u(x_1) = u(x_2) = p = 0,20 \text{ mm}.$$

La relation établie à la question 1 s'inverse sous la forme $a = 2\lambda D/d$.

En utilisant la valeur mesurée $d = 16,2 \text{ mm}$:

$$a = \frac{2 \times 650 \times 10^{-9} \times 0,800}{16,2 \times 10^{-3}} = 6,42 \times 10^{-5} \text{ m} = 64,2 \text{ } \mu\text{m}.$$

La largeur $d = x_2 - x_1$ est une différence : la donnée du début de l'exercice s'y applique, puis la relation entre incertitudes relatives :

$$u(d) = \sqrt{0,20^2 + 0,20^2} = 0,283 \text{ mm}, \quad \frac{u(a)}{a} = \frac{u(d)}{d} = \frac{0,283}{16,2} = 1,75 \times 10^{-2},$$

soit $u(a) = 64,2 \times 1,75 \times 10^{-2} = 1,12 \text{ } \mu\text{m}$. En arrondissant l'incertitude à un chiffre significatif par excès et la valeur au même rang :

$$a = (64 \pm 2) \text{ } \mu\text{m}.$$

Le diamètre obtenu appartient à l'intervalle $[64 ; 68] \text{ } \mu\text{m}$: **l'échantillon est conforme à la spécification**. L'écart normalisé au réglage nominal de la ligne vaut par ailleurs

$$z = \frac{|64 - 66,0|}{2} = 1,0 \leq 2 :$$

la mesure est compatible avec le réglage nominal.

Les deux conclusions ne disent pas la même chose. La première situe le fil dans l'intervalle de tolérance imposé au produit ; la seconde vérifie que l'écart au réglage de la machine s'explique par la seule dispersion de la mesure, et ne révèle donc pas un dérèglement de la ligne.

3. Dérive de la production

À λ et D constants,

$$d = \frac{2\lambda D}{a},$$

donc d est inversement proportionnelle à a .

La largeur d augmente de 15,4 mm à 17,0 mm : le diamètre du fil diminue, donc le fil s'amincit.

En utilisant la définition donnée dans l'énoncé :

$$\frac{a_{40}}{a_0} = \frac{d_0}{d_{40}} = \frac{15,4}{17,0} = 0,906.$$

Ainsi :

$$\frac{a_{40} - a_0}{a_0} = 0,906 - 1 = -0,094.$$

Le diamètre diminue donc d'environ 9,4 %.

4. Dimensionnement de la zone de mesure

On utilise

$$d = \frac{2\lambda D}{a}.$$

La plus grande tache est obtenue avec le plus petit diamètre $a_{\min} = 45 \text{ } \mu\text{m}$. Il faut :

$$\frac{2\lambda D}{a_{\min}} \leq 24 \times 10^{-3}.$$

Donc :

$$D \leq \frac{24 \times 10^{-3} \times 45 \times 10^{-6}}{2 \times 650 \times 10^{-9}} = 0,83 \text{ m}.$$

La plus petite tache est obtenue avec le plus grand diamètre $a_{\max} = 120 \mu\text{m}$. Il faut :

$$\frac{2\lambda D}{a_{\max}} \geq 6,0 \times 10^{-3}.$$

Donc :

$$D \geq \frac{6,0 \times 10^{-3} \times 120 \times 10^{-6}}{2 \times 650 \times 10^{-9}} = 0,55 \text{ m}.$$

La gamme complète est donc mesurable si :

$$\boxed{0,55 \text{ m} \leq D \leq 0,83 \text{ m}.$$

Les bornes de la gamme n'étant données qu'à deux chiffres significatifs, les deux limites de D le sont aussi. Le réglage $D = 0,800 \text{ m}$ appartient à cet intervalle : il convient.