

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · ONDES ET SIGNAUX · CHAPITRE 20

Exercices 2

 Diffraction et interférences

Applications : exploitation de mesures, régression, incertitudes, profils d'intensité, Python

6 exercices · niveau ●●○ · durée conseillée : 2 h · calculatrice autorisée



R. RINGUET · 2026 – 2027

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Traiter une série de mesures de diffraction : linéariser, exploiter une régression, estimer une incertitude-type, conclure par un écart normalisé.
- Exploiter un profil d'intensité, des interférences sonores, une cuve à ondes ; compléter un programme Python.

Exercice 1 Mesurer la longueur d'onde d'un laser par régression

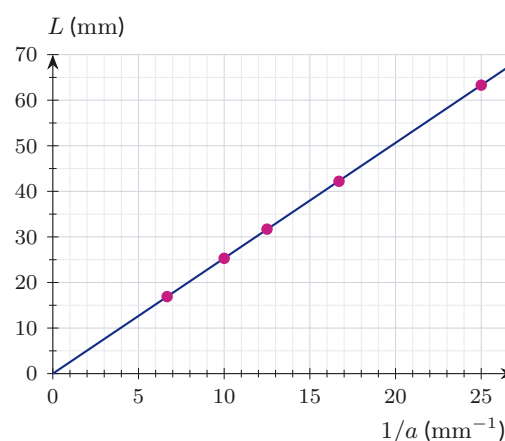
●●○

Pour déterminer la longueur d'onde λ d'un laser, on éclaire successivement cinq fentes calibrées de largeur a et l'on mesure la largeur L de la tache centrale sur un écran placé à $D = 2,00$ m.

■ DONNÉES $L = 2\lambda D/a$

a (μm)	40,0	60,0	80,0	100	150
$1/a$ (mm^{-1})	25,0	16,7	12,5	10,0	6,67
L (mm)	63,3	42,2	31,7	25,3	16,9

- 1.1 Montrer que L est une fonction linéaire de $1/a$ et exprimer le coefficient directeur de la droite obtenue en fonction de λ et D .
- 1.2 Les points sont placés sur la figure 1. La modélisation donne une droite passant par l'origine. Déterminer graphiquement son coefficient directeur, en mm^2 , puis en m^2 .
- 1.3 En déduire la longueur d'onde λ du laser, en mètres puis en nanomètres. De quel type de laser s'agit-il ?
- 1.4 Pourquoi la droite passe-t-elle par l'origine ? Que traduirait une ordonnée à l'origine nettement non nulle ?
- 1.5 Le programme ci-dessous calcule λ pour chaque couple (a, L) , puis leur moyenne. Compléter la ligne 6 et indiquer la valeur obtenue, arrondie au nanomètre.
- 1.6 Quel avantage cette série de cinq mesures présente-t-elle par rapport à une mesure unique effectuée avec une seule fente ?

Figure 1 — Largeur de la tache centrale en fonction de $1/a$

```

1 D = 2.00                                # distance fente-ecran, en m
2 a = [40e-6, 60e-6, 80e-6, 100e-6, 150e-6] # largeurs des fentes, en m
3 L = [63.3e-3, 42.2e-3, 31.7e-3, 25.3e-3, 16.9e-3] # taches centrales, en m
4 lam = []
5 for k in range(len(a)):
6     lam.append(...)                       # ligne 6 à compléter
7 print(round(sum(lam) / len(lam) * 1e9, 1), "nm")

```

Exercice 2 Deux haut-parleurs sur un banc d'optique sonore



Deux petits haut-parleurs S_1 et S_2 , distants de $b = 1,00$ m, alimentés par le même générateur de fréquence f réglable, émettent en phase. Un microphone se déplace le long d'une règle parallèle à (S_1S_2) , placée à $D = 5,00$ m; l'origine O de la règle est sur la médiatrice de $[S_1S_2]$ (figure 2). Pour $f = 3,40$ kHz, le signal reçu passe par une succession de maxima et de minima.

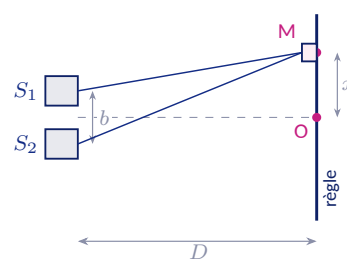


Figure 2 — Interférences sonores

- 2.1 Calculer la longueur d'onde λ du son émis. Justifier que le dispositif est l'équivalent sonore des fentes d'Young.
- 2.2 Le microphone détecte un maximum en O. Justifier, en raisonnant sur la différence de marche.
- 2.3 On mesure 1,00 m entre les deux maxima qui encadrent O (un de chaque côté). En déduire la distance entre deux maxima consécutifs et la comparer à $\lambda D/b$.
- 2.4 Le microphone est placé au point M d'abscisse $x = 25,0$ cm. Calculer la différence de marche $\delta = bx/D$ et préciser si le son y est fort ou faible.
- 2.5 On double la fréquence du générateur. Comment évolue la distance entre deux maxima consécutifs ? Justifier.

■ **DONNÉES** son dans l'air à 20°C : $v = 340\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ • $\delta = k\lambda$ (constructives), $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$ (destructives) • $i = \lambda D/b$

Exercice 3 Contrôle qualité d'un fil de nylon



Un atelier produit du fil de nylon de diamètre nominal $a_{\text{réf}} = 100,0\text{ }\mu\text{m}$. Pour contrôler un lot, on tend un échantillon devant un laser ($\lambda = 650,0\text{ nm}$) et l'on mesure la tache centrale : $L = 3,20\text{ cm}$ pour $D = 2,500\text{ m}$.

Incertitudes-types : $u(\lambda) = 1,0\text{ nm}$, $u(D) = 1,0\text{ cm}$, $u(L) = 0,05\text{ cm}$. On admet la relation

$$\frac{u(a)}{a} = \sqrt{\left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}.$$

■ **DONNÉES** $L = 2\lambda D/a$ • écart normalisé $z = |x_{\text{mes}} - x_{\text{réf}}|/u(x)$, compatibilité si $z < 2$

- 3.1 Calculer le diamètre a du fil, en micromètres.
- 3.2 Calculer les trois termes relatifs, puis $u(a)$. Quelle grandeur limite la précision ?
- 3.3 Écrire le résultat de la mesure sous la forme $a = (\dots \pm \dots)\text{ }\mu\text{m}$, avec un nombre de chiffres cohérent.
- 3.4 Calculer l'écart normalisé z entre la valeur mesurée et la valeur nominale. Le lot est-il conforme ?
- 3.5 L'écran est ramené à 1,00 m, les incertitudes étant inchangées. Sans tout recalculer, expliquer pourquoi la mesure devient moins précise.

Exercice 4 Lignes nodales dans une cuve à ondes



Deux pointes S_1 et S_2 , distantes de 5,0 cm, vibrent en phase à la surface de l'eau. La figure 3 représente les *lignes nodales* observées (traits pointillés), le long desquelles la surface de l'eau reste pratiquement immobile.

- 4.1 Quelle est la nature de la médiatrice de $[S_1S_2]$? Justifier.
- 4.2 Le point M appartient à la troisième ligne nodale à droite de la médiatrice ; on mesure $S_1M = 6,5$ cm et $S_2M = 4,0$ cm. Calculer δ_M , puis en déduire la longueur d'onde λ .
- 4.3 La fréquence de la lame vibrante vaut 30 Hz : calculer la célérité des ondes à la surface de l'eau.
- 4.4 La différence de marche ne peut dépasser S_1S_2 : en déduire le nombre total de lignes nodales et le vérifier sur la figure 3.
- 4.5 On porte la fréquence à 60 Hz, à célérité inchangée : combien de lignes nodales observe-t-on ?

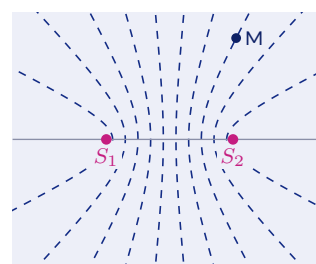


Figure 3 — Lignes nodales (vue de dessus)

■ **DONNÉES** $\delta = k\lambda$ (constructives), $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$ (destructives)

Exercice 5 Lire un profil d'intensité



Une fente verticale est éclairée par un laser de longueur d'onde $\lambda = 650$ nm. Une barrette de photodiodes placée à $D = 2,00$ m enregistre l'intensité lumineuse I reçue en fonction de l'abscisse x sur l'écran ; I_0 est l'intensité au centre (figure 4).

- 5.1 Repérer sur la figure les abscisses des minima d'intensité. Que vaut la largeur L de la tache centrale ?
- 5.2 En déduire la largeur a de la fente, en micromètres.
- 5.3 Comparer l'intensité du premier maximum secondaire à I_0 : pourquoi ne distingue-t-on souvent que la tache centrale ?
- 5.4 Vérifier sur la figure que les abscisses des minima sont de la forme $x_k = k \lambda D / a$ (k entier non nul), en particulier pour $k = 3$.
- 5.5 La fente est remplacée par une fente deux fois plus large : décrire le nouveau profil (minima, tache centrale).

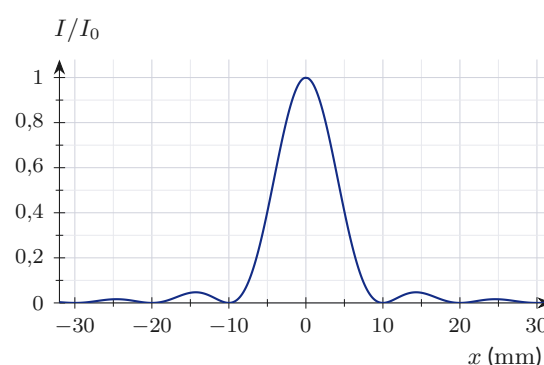


Figure 4 — Profil d'intensité de la figure de diffraction

■ **DONNÉES** $L = 2\lambda D / a$

Exercice 6 Un cliché de franges d'interférences



Deux fentes d'Young distantes de $b = 0,200$ mm, éclairées par un laser inconnu, donnent sur un écran placé à $D = 1,80$ m onze franges brillantes consécutives : 5,70 cm séparent le centre de la première de celui de la onzième.

■ **DONNÉES** $i = \lambda D / b$ • $\delta = k\lambda$ (constructives), $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$ (destructives)

- 6.1 Pourquoi est-il plus précis de mesurer dix interfranges qu'un seul ? En déduire i en millimètres, puis la longueur d'onde λ du laser en nanomètres.
- 6.2 Avec un laser vert (532 nm), calculer le nouvel interfrange, puis la distance entre le centre de la frange brillante centrale et celui de la quatrième frange sombre.

- 6.3** En lumière blanche, que voit-on près du centre de l'écran, et pourquoi les franges s'estompent-elles quand on s'en éloigne ?