

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



R. RINGUET · 2026 – 2027

Exercices 1 Diffraction et interférences

Les bases : conditions de diffraction, angle caractéristique, tache centrale, différence de marche, interfrange

7 exercices · niveau ●○○ · durée conseillée : 1 h 30 · calculatrice autorisée

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

- Reconnaître une situation de diffraction ; exploiter $\theta = \lambda/a$ et $L = 2\lambda D/a$ pour mesurer une longueur d'onde ou la dimension d'une fente, d'un fil, d'un cheveu.
- Calculer une différence de marche, prévoir des interférences constructives ou destructives, exploiter l'interfrange $i = \lambda D/b$.

■ RAPPEL — Le formulaire du chapitre

- **Diffraction** : une onde rencontrant une ouverture ou un obstacle de dimension a est d'autant plus diffractée que a est petit ; le phénomène est net dès que a vaut quelques λ , négligeable si $a \gg \lambda$. Elle ne modifie ni la fréquence, ni la longueur d'onde, ni la célérité.
- **Angle caractéristique** (demi-angle d'ouverture de la tache centrale) : $\theta = \frac{\lambda}{a}$, θ en radians. Petits angles : $\tan \theta = \frac{L/2}{D} \approx \theta$, d'où la largeur de la tache centrale sur un écran à la distance D : $L = \frac{2\lambda D}{a}$.
- **Interférences** de deux ondes *synchrones* (même fréquence, déphasage constant) émises en phase par S_1 et S_2 : en M, la **différence de marche** est $\delta = |S_2M - S_1M|$; elles sont *constructives* si $\delta = k\lambda$, *destructives* si $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$ (k entier).
- **Fentes d'Young** (distantes de b , écran à la distance D) : en un point d'abscisse x , $\delta = \frac{bx}{D}$, et les franges brillantes sont espacées de l'**interfrange** $i = \frac{\lambda D}{b}$. De Première : $\lambda = v/f$; son dans l'air à 20°C : $v = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; visible : 400 nm (violet) à 800 nm (rouge).

Exercice 1 Quand une onde est-elle diffractée ?

●○○

Dans une cuve à ondes, une règle vibrante produit des ondes planes à la surface de l'eau, de longueur d'onde $\lambda = 1,5 \text{ cm}$. On place successivement devant elles deux obstacles percés d'une ouverture de largeur a (figure 1).

- 1.1 Décrire, pour chacune des deux ouvertures, l'allure de l'onde au-delà de l'obstacle, puis énoncer la condition portant sur a et λ pour que la diffraction soit nettement observable.
- 1.2 La fréquence de la règle vibrante est $f = 20 \text{ Hz}$. Calculer la célérité des ondes à la surface de l'eau. Cette célérité, la fréquence et la longueur d'onde sont-elles modifiées par la traversée de l'ouverture ?
- 1.3 On souhaite observer une diffraction marquée avec l'ouverture large. Faut-il augmenter ou diminuer la fréquence de la règle vibrante ? Justifier.

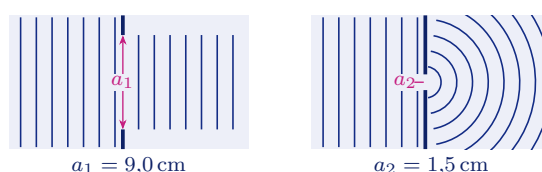


Figure 1 — Cuve à ondes : la même onde plane devant deux ouvertures

Exercice 2 De l'angle caractéristique au diamètre d'un cheveu



A. Un laser hélium-néon de longueur d'onde $\lambda = 633 \text{ nm}$ éclaire une fente verticale de largeur a ; un écran est placé à la distance D de la fente (figure 2).

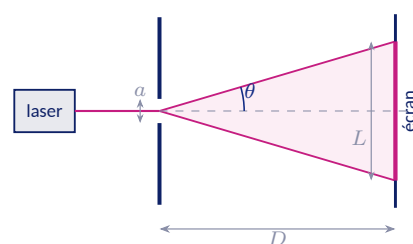


Figure 2 — Diffraction par une fente

2.1 Calculer θ pour $a = 100 \mu\text{m}$, en radians puis en degrés, puis pour $a = 50,0 \mu\text{m}$: la figure est-elle plus étalée ou plus resserrée ?

2.2 Un élève écrit : « $\theta = \lambda/a = 633 \times 10^{-9} \text{ m}/100 \times 10^{-3} \text{ m} = 6,33 \times 10^{-6}^\circ$ ». Relever et corriger les deux erreurs de cette phrase.

2.3 On prend $a = 80,0 \mu\text{m}$ et $D = 2,50 \text{ m}$. Calculer θ , justifier que $\theta \approx \tan \theta$, en déduire la largeur L de la tache centrale en centimètres, puis retrouver L avec $L = 2\lambda D/a$.

2.4 On éloigne l'écran jusqu'à $D' = 4,00 \text{ m}$: calculer L' sans recalculer θ . Quelle largeur de fente donnerait, avec $D = 2,50 \text{ m}$, une tache centrale de $10,0 \text{ cm}$?

B. On remplace la fente par un cheveu tendu verticalement, éclairé par un laser rouge de longueur d'onde $\lambda' = 650 \text{ nm}$; sur un écran placé à $D = 3,00 \text{ m}$, il donne la même figure de diffraction qu'une fente de largeur égale à son diamètre a . La tache centrale mesure $L = 4,5 \text{ cm}$.

2.5 Exprimer a en fonction de λ' , D et L , puis calculer le diamètre du cheveu en micromètres. Le diamètre d'un cheveu humain étant compris entre $50 \mu\text{m}$ et $100 \mu\text{m}$, le résultat est-il plausible ?

2.6 Pour gagner en précision, vaut-il mieux rapprocher ou éloigner l'écran ? Justifier. Où se situe la figure de diffraction si l'on place le cheveu horizontalement ?

Exercice 3 Diffraction des ondes sonores



Une salle de concert est séparée du hall par une porte ouverte de largeur $a = 0,80 \text{ m}$; la célérité du son dans l'air vaut $v = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

3.1 Calculer la longueur d'onde d'un son grave de fréquence $f_1 = 85 \text{ Hz}$ et celle d'un son aigu de fréquence $f_2 = 8,5 \text{ kHz}$. Comparer chacune à la largeur de la porte : lequel des deux sons est fortement diffracté ? Pourquoi, depuis le hall, perçoit-on surtout les basses ?

3.2 Un émetteur à ultrasons de fréquence $f_3 = 40,0 \text{ kHz}$ émet à travers une ouverture circulaire de diamètre $a' = 4,0 \text{ cm}$ (on admet que $\theta = \lambda/a$ s'applique). Calculer λ_3 , puis l'angle θ_3 en radians et en degrés, et enfin la largeur de la « tache » sonore sur un mur situé à $1,5 \text{ m}$ de l'ouverture (on assimilera $\tan \theta_3$ à θ_3).

3.3 Pourquoi un émetteur à ultrasons de télémètre est-il beaucoup plus directif qu'un haut-parleur de graves, qui émet dans presque toutes les directions ?

Exercice 4 Exploiter une figure de diffraction



Une fente de largeur $a = 50,0 \mu\text{m}$ est éclairée par un laser inconnu. La figure 3 reproduit la figure obtenue sur un écran placé à $D = 1,50 \text{ m}$, une règle graduée en cm étant posée contre l'écran.

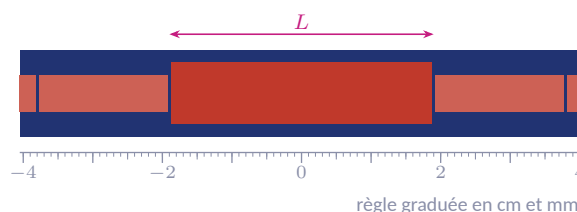


Figure 3 — Figure de diffraction observée sur l'écran

4.1 Décrire la figure, puis relever la largeur L de la tache centrale et celle d'une tache secondaire : quel est le rapport des deux ?

4.2 Déterminer la longueur d'onde λ du laser et la couleur correspondante. Que devient la largeur de la tache centrale si la fente est remplacée par une fente de $25,0 \mu\text{m}$?

Exercice 5 Différence de marche et interférences sonores

●○○

Deux haut-parleurs S_1 et S_2 , alimentés par le même générateur, émettent en phase un son de fréquence $f = 680 \text{ Hz}$ (célérité du son : $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

- 5.1 Justifier que ces deux sources sont synchrones. Calculer la longueur d'onde λ du son émis.
- 5.2 En un point M, on mesure $S_1M = 3,50 \text{ m}$ et $S_2M = 4,25 \text{ m}$. Calculer la différence de marche δ , puis l'exprimer en fonction de λ . Le son est-il fort ou faible en M ? Justifier.
- 5.3 Mêmes questions en N tel que $S_1N = 2,00 \text{ m}$ et $S_2N = 3,00 \text{ m}$; préciser l'entier k . Le milieu O de $[S_1S_2]$ est-il un point de son fort ou faible ? Justifier sans calcul.

Exercice 6 Les fentes d'Young, du laser à la lumière blanche

●●○

A. Un laser vert de longueur d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$ éclaire deux fentes fines, parallèles, distantes de $b = 0,250 \text{ mm}$; l'écran est à $D = 2,50 \text{ m}$ (figure 4).

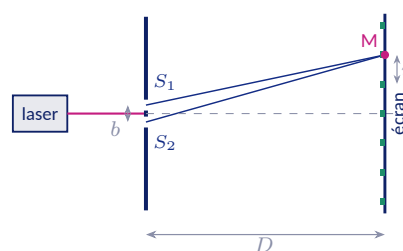


Figure 4 — Dispositif des fentes d'Young

- 6.1 Pourquoi les deux fentes doivent-elles être très fines ? Quel phénomène est mis à profit ?
 - 6.2 Calculer l'interfrange i , puis la distance séparant le centre de la frange brillante centrale du centre de la cinquième frange brillante du même côté.
 - 6.3 On mesure $5,32 \text{ cm}$ entre les centres de deux franges brillantes séparées par dix franges sombres : est-ce cohérent avec la question 6.2 ?
 - 6.4 Comment varie l'interfrange si l'on : (a) rapproche les deux fentes ; (b) rapproche l'écran ; (c) passe au laser rouge ? Justifier.
- B. On éclaire maintenant le même dispositif en lumière blanche (de 400 nm à 800 nm).
- 6.5 Calculer l'interfrange pour la radiation violette (400 nm), puis pour la radiation rouge (800 nm).
 - 6.6 Au centre de l'écran, $\delta = 0$ quelle que soit la radiation : quelle est la couleur de la frange centrale ? Pourquoi les franges suivantes sont-elles irisées, la teinte rouge étant la plus éloignée du centre ?
 - 6.7 Une bulle de savon éclairée en lumière blanche montre des couleurs vives qui changent avec l'épaisseur de la pellicule. Sachant que la lumière se réfléchit en partie sur chacune de ses deux faces, expliquer qualitativement l'origine de ces couleurs, puis citer un autre exemple courant.

Exercice 7 Interférences dans une cuve à ondes

●●○

Deux pointes S_1 et S_2 fixées à la même lame vibrante frappent l'eau en phase à la fréquence $f = 24 \text{ Hz}$; la célérité des ondes vaut $v = 36 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. La figure 5 montre, à un instant donné, les crêtes émises par chaque source.

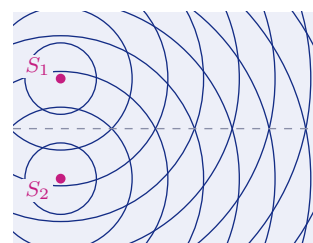


Figure 5 — Crêtes émises par les deux sources

- 7.1 Calculer la longueur d'onde λ des ondes à la surface de l'eau.
- 7.2 On mesure $S_1A = 6,00 \text{ cm}$ et $S_2A = 9,00 \text{ cm}$: montrer que A est sur une *ligne ventrale*. Puis $S_1B = 4,00 \text{ cm}$ et $S_2B = 6,25 \text{ cm}$: montrer que B est sur une *ligne nodale*. Que vaut δ sur la médiatrice de $[S_1S_2]$, et quelle est la nature de cette ligne ?
- 7.3 On double la fréquence de la lame, la célérité étant inchangée : le nombre de lignes nodales entre les deux sources augmente-t-il ou diminue-t-il ? Justifier.