Corrigé et barème – Diffraction et interférences

Diffraction par une ouverture ou un obstacle et angle caractéristique θ = λ/a ; superposition de deux ondes, cohérence et déphasage ; interférences constructives et destructives de deux sources en phase ; fentes d'Young, différence de chemin optique et interfrange ; mesures d'une longueur d'onde, d'une largeur ou d'un écartement.

Durée : 120 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Spécialité Physique-Chimie Terminale

Exercice 1 – Diffraction par une fente ★★ *(4 pts)*

a) **Diffraction** (0,5 pt) : une tache centrale très lumineuse, encadrée de taches secondaires moins lumineuses et deux fois moins larges, séparées par des extinctions ; la figure s'étale **horizontalement**, perpendiculairement à la fente (0,5 pt). (1)

b) $\theta = \dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{546 \times 10^{-9}}{0{,}12 \times 10^{-3}} = \mathbf{4{,}55 \times 10^{-3}\ rad}$ (1 pt). (1)

c) $\tan\theta = \dfrac{L/2}{D} = \dfrac{L}{2D}$ et, pour un petit angle en radians, $\tan\theta \approx \theta = \dfrac{\lambda}{a}$, d'où $L = \dfrac{2\lambda D}{a}$ (0,5 pt). $L = 2 \times 1{,}90 \times 4{,}55 \times 10^{-3} \approx 1{,}73 \times 10^{-2}$ m, soit **17,3 mm** (0,5 pt). (1)

d) $L\prime = \dfrac{2 \times 694 \times 10^{-9} \times 1{,}90}{0{,}12 \times 10^{-3}} \approx \mathbf{22{,}0\ mm}$: L est proportionnelle à λ (0,5 pt). $a\prime = \dfrac{2\lambda\prime D}{L} = \dfrac{2 \times 694 \times 10^{-9} \times 1{,}90}{8{,}0 \times 10^{-3}} \approx 3{,}3 \times 10^{-4}$ m, soit **0,33 mm** (0,5 pt). (1)

Erreur fréquente — θ est un demi-angle en radians : la tache centrale mesure 2Dθ, et non Dθ.

Exercice 2 – Interférences d'ondes ultrasonores ★★ *(4 pts)*

a) Les deux émetteurs vibrent en phase ; l'onde du premier met la durée $\dfrac{d_1}{v}$ pour atteindre M, celle du second $\dfrac{d_2}{v}$: retard $\Delta\tau = \dfrac{d_2 - d_1}{v} = \dfrac{\delta}{v}$ (0,5 pt). Interférences destructives si les vibrations arrivent en opposition de phase : $\Delta\tau = \left(k + \dfrac{1}{2}\right) T$, soit $\delta = \left(k + \dfrac{1}{2}\right) v\,T = \left(k + \dfrac{1}{2}\right) \lambda$, k entier relatif (0,5 pt). (1)

b) $\lambda = \dfrac{v}{f} = \dfrac{344}{40 \times 10^{3}} = 8{,}6 \times 10^{-3}$ m, soit **8,6 mm** (0,5 pt). En A, $\dfrac{\delta}{\lambda} = \dfrac{30{,}1}{8{,}6} = 3{,}5$, demi-entier : interférences **destructives**, amplitude minimale (0,5 pt). (1)

c) $\dfrac{43{,}0}{8{,}6} = 5$ (0,5 pt) : entier, les ondes arrivent en phase, interférences constructives : **oui**, amplitude maximale (0,5 pt). (1)

d) Deux générateurs indépendants ne délivrent jamais exactement la même fréquence : le déphasage entre les sources varie dans le temps (0,5 pt). Les sources ne sont plus **cohérentes** et la figure défile (0,5 pt). (1)

Méthode — Toujours le quotient δ/λ, dans la même unité ; et vérifier d'abord que les sources sont cohérentes et en phase.

Exercice 3 – Fentes d'Young et interfrange ★★ *(4 pts)*

a) Frange brillante : $\delta = k\lambda$, donc $\dfrac{b\,x_k}{D} = k\lambda$ et $x_k = \dfrac{k\lambda D}{b}$ (0,5 pt) ; $i = x_{k+1} - x_k = \dfrac{\lambda D}{b}$ (0,5 pt). (1)

b) $i = \dfrac{656 \times 10^{-9} \times 1{,}70}{0{,}40 \times 10^{-3}} \approx 2{,}79 \times 10^{-3}$ m, soit **2,79 mm** (1 pt). (1)

c) Deuxième frange brillante à gauche : $x = -2i$; troisième frange sombre à droite : $x = 2{,}5\,i$ (0,5 pt). Distance : $4{,}5\,i = 4{,}5 \times 2{,}788 \approx$ **12,5 mm** (0,5 pt). (1)

d) $i\prime = \dfrac{656 \times 10^{-9} \times 1{,}19}{0{,}40 \times 10^{-3}} \approx$ **1,95 mm** : i est proportionnel à D (1 pt). (1)

Erreur fréquente — Les franges sombres sont à mi-chemin : la première est en i/2, la troisième en 2,5 i.

Exercice 4 – Mesure d'une longueur d'onde ★★★ *(4 pts)*

a) Neuf franges brillantes consécutives délimitent 8 interfranges (0,5 pt) : $i = \dfrac{18{,}4}{8} =$ **2,30 mm** (0,5 pt). (1)

b) $\lambda = \dfrac{i\,b}{D} = \dfrac{2{,}30 \times 10^{-3} \times 0{,}58 \times 10^{-3}}{2{,}75} \approx 4{,}85 \times 10^{-7}$ m, soit **485 nm** (0,5 pt) : laser **bleu** (0,5 pt). (1)

c) $u(i) = \dfrac{0{,}5}{8} \approx 0{,}06$ mm (0,5 pt) ; $u(\lambda) = 485 \times \dfrac{0{,}0625}{2{,}30} \approx 13$ nm, d'où $\boldsymbol{\lambda = 485}$ **nm avec** $\mathbf{u(\lambda) = 13}$ **nm** (0,5 pt). (1)

d) $\dfrac{u(i)}{i} = \dfrac{0{,}5}{2{,}30} \approx 0{,}22$, soit 22 % (0,5 pt) au lieu de $\dfrac{0{,}0625}{2{,}30} \approx 2{,}7$ % : mesurer sur 8 interfranges divise l'incertitude relative par 8 (0,5 pt). (1)

Méthode — N franges = N − 1 interfranges ; l'incertitude de lecture se partage entre les N − 1 interfranges.

Exercice 5 – Franges d'Young dans la tache de diffraction ★★★ *(4 pts)*

a) $L = \dfrac{2\lambda D}{a} = \dfrac{2 \times 560 \times 10^{-9} \times 1{,}40}{70 \times 10^{-6}} = 2{,}24 \times 10^{-2}$ m, soit **22,4 mm** (1 pt). (1)

b) $i = \dfrac{\lambda D}{b} = \dfrac{560 \times 10^{-9} \times 1{,}40}{0{,}35 \times 10^{-3}} = 2{,}24 \times 10^{-3}$ m, soit **2,24 mm** (1 pt). (1)

c) $\dfrac{L}{i} = \dfrac{2\lambda D}{a} \times \dfrac{b}{\lambda D} = \dfrac{2b}{a}$: λ et D se simplifient (0,5 pt). $\dfrac{2 \times 0{,}35}{0{,}070} =$ **10** (0,5 pt). (1)

d) Franges brillantes en $x_k = k\,i$, dans la tache si $|x_k| < \dfrac{L}{2} = 5\,i$, soit $k = -4, \ldots, 4$ (0,5 pt). Pour $k = \pm 5$, la frange tomberait sur la première extinction de diffraction, où n'arrive aucune lumière : **9 franges brillantes** (0,5 pt). (1)

À retenir — La largeur a des fentes fixe la taille de la tache ; leur écartement b fixe l'interfrange.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).