

Diffraction, interférences

Corrigé des exercices - niveau 1re

Voici le corrigé détaillé des vingt exercices sur la diffraction et les interférences. Vérifie à chaque fois l'unité des résultats (radians, mètres) et le nombre de chiffres significatifs.

Ce corrigé est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

La correction détaillée : corrigé diffraction interférences

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

1. La **diffraction** est l'étalement d'une onde dans des directions différentes de sa direction de propagation lorsqu'elle traverse une ouverture ou rencontre un obstacle ; ni λ ni la fréquence ne changent.
2. Elle est bien visible quand la dimension de l'ouverture est **petite ou comparable à λ** .
3. **$\theta = \lambda \div a$** : θ en radians, λ et a en mètres.
4. Constructives : **$\delta = k \lambda$** ; destructives : **$\delta = (k + \frac{1}{2}) \lambda$** (k entier).

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- a. **Faux** : elle concerne toutes les ondes (eau, son, lumière).
- b. **Vrai** : $\theta = \lambda \div a$ augmente quand a diminue.
- c. **Faux** : elle est marquée quand a est petit, de l'ordre de λ .
- d. **Vrai** : elle est deux fois plus large que les taches secondaires et bien plus brillante.
- e. **Faux** : c'est la condition des interférences destructives.
- f. **Faux** : deux lampes sont des sources non cohérentes.
- g. **Vrai** : $i = \lambda D \div b$, proportionnel à D .

Correction de l'exercice 3 : La cuve à ondes

1. $\lambda \div a = 1,0 \div 8,0 = \mathbf{0,125}$; $1,0 \div 2,0 = \mathbf{0,50}$; $1,0 \div 1,0 = \mathbf{1,0}$; $1,0 \div 0,50 = \mathbf{2,0}$.
2. $a = 8,0$ cm : l'onde continue presque en ligne droite, avec une légère diffraction sur les bords. $a = 2,0$ cm : étalement net. $a = 1,0$ cm : étalement très marqué. $a = 0,50$ cm : onde circulaire.
3. Pour **$a = 0,50$ cm** (a inférieure à λ), l'ouverture se comporte comme une source ponctuelle.

Correction de l'exercice 4 : Angle de diffraction

1. $\theta = 650 \times 10^{-9} \div 1,0 \times 10^{-4} = 6,5 \times 10^{-3} \text{ rad}$; en degrés : $6,5 \times 10^{-3} \times 57,3 \approx 0,37^\circ$.
2. $\theta = 650 \times 10^{-9} \div 5,0 \times 10^{-5} = 1,3 \times 10^{-2} \text{ rad} \approx 0,74^\circ$.
3. $\theta = 450 \times 10^{-9} \div 1,0 \times 10^{-4} = 4,5 \times 10^{-3} \text{ rad} \approx 0,26^\circ$.
4. La lumière **rouge** (plus grande longueur d'onde) est la plus diffractée.

Correction de l'exercice 5 : Largeur de la tache centrale

1. $\theta \approx 6,5 \times 10^{-3} \text{ rad}$ est très petit : $\tan \theta \approx \theta$ (en radians) à mieux que 10^{-5} près.
2. $L = 2 \lambda D \div a = 2 \times 650 \times 10^{-9} \times 2,00 \div 1,0 \times 10^{-4} = 2,6 \times 10^{-2} \text{ m}$, soit 2,6 cm.
3. L est proportionnelle à D : pour D = 4,00 m, L = **5,2 cm**.
4. L est inversement proportionnelle à a : pour a = 0,20 mm, L = **1,3 cm**.

Correction de l'exercice 6 : Quelle est la longueur d'onde du laser ?

1. La tache centrale s'étend de -1,0 cm à +1,0 cm : **L = 2,0 cm**.
2. $\theta = L \div (2D) = 2,0 \times 10^{-2} \div (2 \times 1,50) \approx 6,7 \times 10^{-3} \text{ rad}$.
3. $\lambda = \theta \times a = 6,67 \times 10^{-3} \times 8,0 \times 10^{-5} \approx 5,3 \times 10^{-7} \text{ m} = 5,3 \times 10^2 \text{ nm}$ (environ 533 nm).
4. 533 nm est compris entre 400 et 800 nm et correspond à un **vert**, ce que confirme la couleur de la tache.

Correction de l'exercice 7 : Mesurer l'épaisseur d'un fil

1. Un fil et une fente de même largeur donnent la **même figure de diffraction** (principe de Babinet) : les relations sont donc les mêmes.
2. $a = 2 \lambda D \div L = 2 \times 633 \times 10^{-9} \times 1,50 \div 2,4 \times 10^{-2} \approx 7,9 \times 10^{-5} \text{ m}$.
3. $a \approx 79 \mu\text{m}$: valeur compatible avec l'épaisseur d'un cheveu.

Correction de l'exercice 8 : θ en fonction de l'inverse de a

1. **Droite passant par l'origine** : θ est proportionnelle à $1 \div a$.
2. Coefficient directeur : $(15,8 \times 10^{-3} - 0) \div (25 - 0) \approx 6,3 \times 10^{-4} \text{ rad}\cdot\text{mm}$, soit $6,3 \times 10^{-7} \text{ rad}\cdot\text{m}$ (car 1 mm = 10^{-3} m).
3. Comme $\theta = \lambda \times (1 \div a)$, le coefficient directeur est la **longueur d'onde** : $\lambda \approx 6,3 \times 10^{-7} \text{ m} = 630 \text{ nm}$ environ.
4. a = 0,050 mm donne $1 \div a = 20 \text{ mm}^{-1}$: on lit $\theta \approx 12,7 \times 10^{-3} \text{ rad}$, soit environ $1,3 \times 10^{-2} \text{ rad}$.

Correction de l'exercice 9 : Constructif ou destructif ?

On calcule $\delta \div \lambda$ avec $\lambda = 0,500 \mu\text{m}$.

- a. $1,50 \div 0,500 = 3$: **constructives**.
- b. $1,25 \div 0,500 = 2,5$: **destructives**.
- c. $1,00 \div 0,500 = 2$: **constructives**.
- d. $0,875 \div 0,500 = 1,75$: **ni l'un ni l'autre** (intensité intermédiaire).

Correction de l'exercice 10 : Deux haut-parleurs

- 1. $\lambda = v \div f = 340 \div 1\,700 = \mathbf{0,20 \text{ m}}$.
- 2. $\delta = 3,50 - 3,00 = 0,50 \text{ m}$; $\delta \div \lambda = 2,5$: **interférences destructives**, le son est très faible (quasi nul).
- 3. $\delta = 0,40 \text{ m}$; $\delta \div \lambda = 2$: **interférences constructives**, le son est fort.
- 4. En se déplaçant, l'auditeur change δ : il passe alternativement par des positions où $\delta = k\lambda$ (son fort) et $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$ (son faible).

Correction de l'exercice 11 : Ondes à la surface de l'eau

- 1. A : $\delta = 10,0 - 8,0 = \mathbf{2,0 \text{ cm}}$; B : $\mathbf{3,0 \text{ cm}}$; C : $\mathbf{4,0 \text{ cm}}$; D : $\mathbf{1,0 \text{ cm}}$.
- 2. $\delta \div \lambda$: A = 1 (entier) : **agitation maximale** ; B = 1,5 : **immobile** ; C = 2 : **agitation maximale** ; D = 0,5 : **immobile**.
- 3. La surface est immobile si $\delta = (k + \frac{1}{2}) \lambda$ (ondes en opposition de phase de même amplitude).

Correction de l'exercice 12 : Fentes de Young

- 1. $i = \lambda D \div b = 633 \times 10^{-9} \times 1,80 \div 2,0 \times 10^{-4} \approx \mathbf{5,7 \times 10^{-3} \text{ m}}$, soit 5,7 mm.
- 2. La 3^e frange brillante ($k = 3$ si la frange centrale est $k = 0$) est à $3 i = 3 \times 5,70 \approx \mathbf{17 \text{ mm}}$.
- 3. La première frange sombre est à mi-chemin entre la frange centrale et la suivante : $i \div 2 \approx \mathbf{2,8 \text{ mm}}$.

Correction de l'exercice 13 : Mesure d'un interfrange

- 1. La 1^{re} frange est à 0 mm, la 7^e à environ **22,8 mm**.
- 2. Entre la 1^{re} et la 7^e frange, il y a 6 interfranges : $i = 22,8 \div 6 = \mathbf{3,8 \text{ mm}}$.
- 3. $b = \lambda D \div i = 633 \times 10^{-9} \times 1,50 \div 3,8 \times 10^{-3} \approx \mathbf{2,5 \times 10^{-4} \text{ m}} = 0,25 \text{ mm}$.
- 4. L'incertitude de lecture (environ 0,5 mm) est la même quelle que soit la distance mesurée : elle pèse $0,5 \div 3,8 \approx 13 \%$ sur un seul interfrange mais $0,5 \div 22,8 \approx 2 \%$ sur six.

Correction de l'exercice 14 : Pourquoi un laser ?

- 1. Deux lampes émettent des trains d'ondes indépendants, sans déphasage constant :

ce sont des sources **non cohérentes** ; les franges se brouillent immédiatement.

2. Il utilise **une seule source** qui éclaire deux fentes : les deux ondes qui en sortent proviennent de la même source et ont donc un déphasage constant.

3. Le laser émet une lumière quasi **monochromatique**, intense et très directive, ce qui donne des franges nettes et lumineuses.

Correction de l'exercice 15 : Comment varie l'interfrange ?

1. $i_0 = 633 \times 10^{-9} \times 1,50 \div 2,5 \times 10^{-4} \approx \mathbf{3,8 \text{ mm}}$.

2. i est inversement proportionnelle à b : si b est doublé, i vaut **1,9 mm**. i est proportionnelle à D : si D est doublé, $i = \mathbf{7,6 \text{ mm}}$.

3. $i = 450 \times 10^{-9} \times 1,50 \div 2,5 \times 10^{-4} = \mathbf{2,7 \text{ mm}}$.

4. Les franges sont plus serrées en **lumière bleue** car λ est plus petite et i est proportionnelle à λ (rapport $633 \div 450 \approx 1,4$).

Correction de l'exercice 16 : Le son et la lumière derrière une porte

1. $\lambda_{\text{son}} = 340 \div 1\,000 = \mathbf{0,34 \text{ m}}$; $\theta = 0,34 \div 0,80 \approx \mathbf{0,43 \text{ rad}}$ (environ 24°).

2. $\theta_{\text{lumière}} = 5,0 \times 10^{-7} \div 0,80 \approx \mathbf{6,3 \times 10^{-7} \text{ rad}}$, soit un angle minuscule.

3. Le son est fortement diffracté (λ comparable à a) et se propage dans toutes les directions derrière la porte ; la lumière (λ très petite devant a) n'est pratiquement pas diffractée : elle va en ligne droite, d'où l'absence de vue de l'autre côté.

Correction de l'exercice 17 : Une fente de largeur variable

1. $L \times a : 26 \times 10^{-3} \times 5,0 \times 10^{-5} = 1,3 \times 10^{-6} \text{ m}^2$; $13 \times 10^{-3} \times 1,0 \times 10^{-4} = 1,3 \times 10^{-6}$; $6,5 \times 10^{-3} \times 2,0 \times 10^{-4} = 1,3 \times 10^{-6}$; $3,25 \times 10^{-3} \times 4,0 \times 10^{-4} = 1,3 \times 10^{-6}$. Le produit est **constant** : L est inversement proportionnelle à a .

2. $L \times a = 2 \lambda D$, donc $\lambda = 1,3 \times 10^{-6} \div (2 \times 1,00) = \mathbf{6,5 \times 10^{-7} \text{ m}} = 650 \text{ nm}$.

3. $L = 1,3 \times 10^{-6} \div 3,0 \times 10^{-4} \approx \mathbf{4,3 \times 10^{-3} \text{ m}}$, soit 4,3 mm.

Correction de l'exercice 18 : Rouge contre vert

1. Rouge : $L = 2 \times 650 \times 10^{-9} \times 2,00 \div 1,0 \times 10^{-4} = \mathbf{2,6 \times 10^{-2} \text{ m}}$ (2,6 cm). Vert : $L = 2 \times 532 \times 10^{-9} \times 2,00 \div 1,0 \times 10^{-4} \approx \mathbf{2,1 \times 10^{-2} \text{ m}}$ (2,1 cm).

2. Rouge : $i = 650 \times 10^{-9} \times 2,00 \div 5,0 \times 10^{-4} = \mathbf{2,6 \times 10^{-3} \text{ m}}$. Vert : $i = 532 \times 10^{-9} \times 2,00 \div 5,0 \times 10^{-4} \approx \mathbf{2,1 \times 10^{-3} \text{ m}}$.

3. Le **rouge** : c'est la couleur la plus diffractée (λ la plus grande), donc le rouge dépasse sur le bord de la tache blanche centrale.

Correction de l'exercice 19 : Concevoir un protocole

Protocole possible. Tendre le cheveu verticalement sur le support, l'éclairer avec le

laser (ne jamais viser les yeux) et placer l'écran à une distance D d'environ 2 m (mesurée au mètre ruban). Observer la figure de diffraction étalée horizontalement, marquer au crayon sur une feuille les deux premières extinctions de part et d'autre de la tache centrale et mesurer L . Calculer $a = 2 \lambda D \div L$.

Limiter l'incertitude : augmenter D (L plus grande, donc incertitude relative plus faible), répéter la mesure pour plusieurs distances et faire une moyenne, vérifier que le cheveu est bien perpendiculaire au faisceau et que la figure est nette.

Correction de l'exercice 20 : Le casque à réduction de bruit

1. $T = 1 \div 500 = \mathbf{2,0 \text{ ms}}$; $\lambda = v \div f = 343 \div 500 \approx \mathbf{0,69 \text{ m}}$.
2. Le casque émet une onde de même amplitude mais en **opposition de phase** avec le bruit : leur superposition donne des interférences destructives, donc un son très atténué.
3. Il faut un décalage de $T \div 2 = \mathbf{1,0 \text{ ms}}$, ce qui correspond à une différence de marche $\delta = \lambda \div 2 \approx \mathbf{0,34 \text{ m}}$.
4. Pour les sons aigus ou irréguliers, la condition d'opposition de phase doit être réalisée très précisément et très vite pour chaque composante ; le déphasage varie avec la position de la tête et la correction électronique est trop lente : l'atténuation est moins efficace.

Comment progresser après ce corrigé

Retiens deux réflexes : écrire d'abord la condition ($\delta = k\lambda$ ou $\theta = \lambda \div a$) puis convertir toutes les longueurs en mètres avant de calculer. Refais les exercices 6, 8 et 13 sans regarder la correction : ils entraînent la lecture de documents, compétence essentielle dans ce chapitre.

Retour aux énoncés des exercices