BURHAN

Propagation des ondes lumineuses : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/propagation-des-ondes-lumineuses/exercices/entrainement

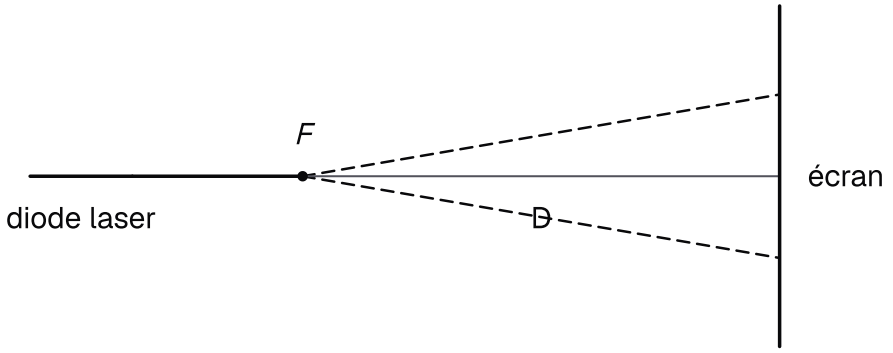
Chapitre	Palier	Exercices
Propagation des ondes lumineuses	Entraînement	7

Exercice 1

Diamètre d'un fil de pêche par diffraction

Pour contrôler une bobine de fil de pêche, on tend un morceau de fil verticalement devant une diode laser rouge de longueur d'onde $\lambda = 650\,\text{nm}$. Un écran est placé à $D = 3{,}00\,\text{m}$ du fil.

Document. Le schéma présente le montage vu de dessus.



Montage vu de dessus, schéma sans échelle

1.

Dans quelle direction la tache centrale s'étale-t-elle sur l'écran ? Proposer un protocole pour mesurer sa largeur L et la distance D, avec une consigne de sécurité.

INDICE

Outil : la tache s'étale perpendiculairement à l'objet qui diffracte. **Ensuite :** pense aux instruments de mesure et au faisceau laser.

2.

La mesure donne $L = 15\,\text{mm}$. Calculer l'écart angulaire θ.

INDICE

Outil : la relation entre l'écart angulaire, la largeur de la tache et la distance à l'écran, pour un petit angle. **Point délicat :** L et D en mètres.

3.

En déduire le diamètre a du fil.

INDICE

Outil : un fil diffracte comme une fente de même largeur.

4.

La bobine annonce un fil de $0{,}27\,\text{mm}$. Calculer l'écart relatif entre la mesure et cette indication. Pourquoi a-t-on placé l'écran loin du fil ?

INDICE

Début : écart relatif $= \dfrac{|a - a_{\text{ann}}|}{a_{\text{ann}}}$. **Ensuite :** compare l'erreur de lecture de $1\,\text{mm}$ à la largeur L.

Exercice 2

Deux lasers devant la même fente

Une fente de laboratoire, de largeur a inconnue, est éclairée successivement par deux lasers. L'écran est à $D = 2{,}40\,\text{m}$ de la fente. Le laser 1 est rouge, de longueur d'onde $\lambda_1 = 640\,\text{nm}$; la longueur d'onde λ_2 du laser 2 est inconnue.

Laser	Largeur L de la tache centrale (mm)
1	20
2	16

1.

Sans calcul, expliquer pourquoi les deux taches n'ont pas la même largeur.

INDICE

Outil : la relation de l'écart angulaire, à fente fixée.

2.

Montrer que $\lambda_2 = \lambda_1 \dfrac{L_2}{L_1}$, puis calculer λ_2.

INDICE

Outil : écris la largeur de la tache centrale pour chaque laser, puis fais le rapport. **Point délicat :** a et D sont les mêmes.

3.

Quelle est la couleur de la lumière du laser 2 ?

INDICE

Outil : place la longueur d'onde trouvée dans les bandes de couleurs du spectre visible.

4.

À partir des mesures faites avec le laser 1, calculer la largeur a de la fente.

INDICE

Outil : isole a dans la relation de la largeur de la tache centrale.

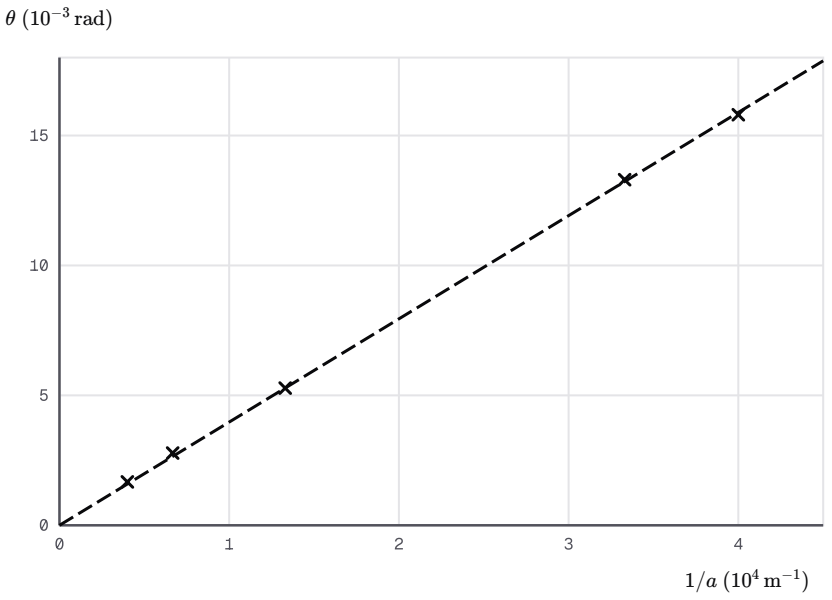
Exercice 3

Vérifier la loi de diffraction avec cinq fentes

Un groupe vérifie la relation de l'écart angulaire avec une diode laser violette de longueur d'onde annoncée $405\,\text{nm}$. L'écran reste à $D = 1{,}80\,\text{m}$ des fentes. Pour chaque fente, le groupe mesure la largeur L de la tache centrale.

a (μm)	L (mm)
25	57
30	48
75	19
150	10
250	6

Document. Le graphique donne l'écart angulaire θ en fonction de $\dfrac{1}{a}$, avec la droite de modélisation.



Écart angulaire en fonction de l'inverse de la largeur de la fente

1.

Pour la fente de $75\,\mu\text{m}$, calculer $\dfrac{1}{a}$ et θ, puis vérifier que le point correspondant figure sur le graphique.

INDICE

Outil : la relation entre l'écart angulaire, la largeur de la tache et la distance à l'écran. **Point délicat :** a et L en mètres.

2.

Que montre l'allure du graphique ? Est-elle en accord avec la relation de l'écart angulaire ?

INDICE

Outil : une droite qui passe par l'origine traduit une proportionnalité.

3.

Déterminer graphiquement le coefficient directeur k de la droite. En déduire la longueur d'onde mesurée.

INDICE

Début : choisis un point de la droite éloigné de l'origine. **Point délicat :** tiens compte des puissances de dix des axes.

4.

Calculer l'écart relatif entre la longueur d'onde mesurée et la valeur annoncée.

INDICE

Outil : l'écart relatif compare la différence des deux valeurs à la valeur annoncée. **Point délicat :** garde la valeur non arrondie de la mesure.

5.

Quelle mesure de L est la moins précise ? Proposer une amélioration du protocole.

INDICE

Outil : compare l'erreur de lecture d'environ $1\ \mathrm{mm}$ à chaque valeur de L.

Exercice 4

Une radiation rouge à travers un aquarium

Le faisceau d'un pointeur traverse l'air, la paroi de verre d'un aquarium, puis l'eau. Sa fréquence vaut $\nu = 4{,}41 \times 10^{14}\,\mathrm{Hz}$. On assimile l'air au vide, et $c = 3{,}00 \times 10^{8}\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Milieu	Indice pour cette radiation
air	$1{,}00$
verre	$1{,}50$
eau	$1{,}33$

1.

Calculer la longueur d'onde λ de la radiation dans l'air et donner sa couleur.

INDICE

Outil : la relation entre longueur d'onde dans le vide et fréquence.

2.

Quelle est la fréquence de la radiation dans le verre ? dans l'eau ?

INDICE

Outil : ce qui se conserve quand une radiation change de milieu transparent.

3.

Calculer la célérité de la radiation dans le verre, puis dans l'eau.

INDICE

Outil : la définition de l'indice de réfraction, résolue pour la célérité.

4.

Calculer la longueur d'onde de la radiation dans le verre, puis dans l'eau.

INDICE

Outil : la longueur d'onde dans un milieu d'indice n. **Point délicat :** repars des données de l'énoncé pour ne pas réutiliser une valeur arrondie.

5.

Un élève affirme : « dans l'eau, la longueur d'onde vaut $511\,\mathrm{nm}$, donc le faisceau y devient vert ». Discuter cette affirmation.

INDICE

Outil : la grandeur qui fixe la couleur d'une radiation, et le milieu où sont définies les bornes du spectre.

Exercice 5

Largeur de la tache et distance à l'écran

On éclaire une fente de largeur $a = 0{,}18\,\text{mm}$ avec une diode laser rouge de longueur d'onde annoncée $635\,\text{nm}$. On mesure la largeur L de la tache centrale pour plusieurs distances D entre la fente et l'écran.

D (m)	L (mm)
$1{,}00$	7
$1{,}50$	11
$2{,}50$	18
$3{,}00$	21
$3{,}50$	25

1.

Proposer un protocole pour réaliser ces mesures : grandeurs gardées fixes, grandeur que l'on fait varier, instruments.

INDICE

Outil : une seule grandeur varie à la fois.

2.

Montrer que la théorie prévoit une largeur L proportionnelle à D, et calculer le coefficient de proportionnalité attendu.

INDICE

Outil : la relation de la largeur de la tache centrale, avec λ et a fixés.

3.

Calculer le rapport $\dfrac{L}{D}$ pour chaque mesure. Les mesures confirment-elles la prévision ?

INDICE

Outil : exprime L en mètres avant de diviser par D.

4.

En déduire la longueur d'onde de la diode à partir du rapport moyen, et la comparer à la valeur annoncée.

INDICE

Outil : l'expression du coefficient de proportionnalité établie à la question 2.

5.

Laquelle des cinq mesures est la moins précise ? Justifier.

INDICE

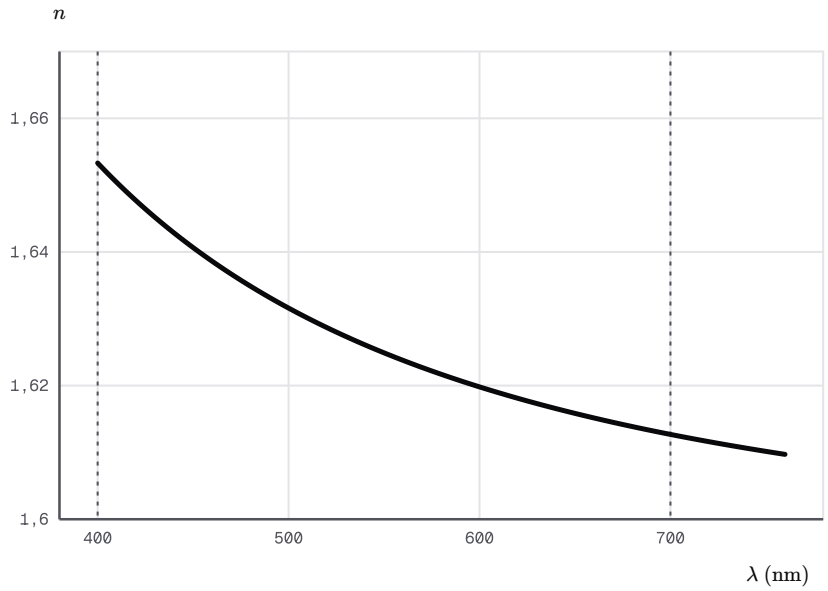
Outil : l'erreur de lecture sur L est d'environ $1\,\mathrm{mm}$ pour toutes les mesures.

Exercice 6

Courbe de l'indice d'un verre flint

Un fabricant de lentilles fournit la courbe de l'indice n d'un verre flint en fonction de la longueur d'onde dans le vide λ. On donne $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Document. Indice du verre flint dans le domaine visible.



Indice d'un verre flint selon la longueur d'onde

1.

Lire l'indice n_{R} du verre pour une radiation rouge de $700\ \mathrm{nm}$, et l'indice n_{V} pour une radiation violette de $400\ \mathrm{nm}$.

INDICE

Outil : les deux traits verticaux du document repèrent ces longueurs d'onde.

2.

Calculer la célérité de chacune de ces radiations dans le verre.

INDICE

Outil : la définition de l'indice de réfraction, résolue pour la célérité.

3.

Le verre flint est-il un milieu dispersif ? Justifier.

INDICE

Outil : la définition d'un milieu dispersif.

4.

Un prisme est taillé dans ce verre. Laquelle des deux radiations est la plus déviée ? Qu'observe-t-on avec un faisceau de lumière blanche ?

INDICE

Outil : le lien entre l'indice d'une radiation et sa déviation par un prisme.

Exercice 7

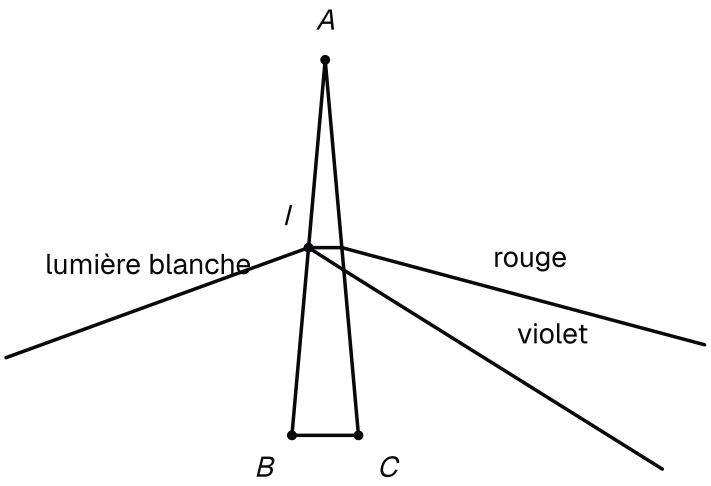
Déviations par un prisme mince

Un prisme mince en verre au baryum a un angle au sommet $\alpha = 10{,}0^\circ$. Pour un prisme mince éclairé sous incidence faible, on admet que la déviation d'une radiation d'indice n vaut

$$\delta = (n - 1)\,\alpha$$

Pour ce verre, l'indice vaut $n_{\mathrm{R}} = 1{,}568$ pour le rouge et $n_{\mathrm{V}} = 1{,}585$ pour le violet. On rappelle $1^\circ = \dfrac{\pi}{180}\,\mathrm{rad}$.

Document. Marche des rayons rouge et violet, déviations exagérées.



Rayons rouge et violet à travers un prisme mince, schéma sans échelle, déviations exagérées

1.

Sans calcul, indiquer laquelle des deux radiations est la plus déviée.

INDICE

Outil : compare les indices des deux radiations.

2.

Calculer les déviations δ_{R} et δ_{V} des deux radiations.

INDICE

Outil : la relation donnée dans l'énoncé, avec l'indice de chaque radiation.

3.

Les deux rayons émergents frappent un écran placé à $1{,}40\,\mathrm{m}$ du prisme. Calculer la distance d entre les taches rouge et violette.

INDICE

Début : l'angle entre les deux rayons émergents. **Point délicat :** l'approximation des petits angles n'est valable qu'en radians.

4.

On remplace le faisceau par de la lumière blanche. Décrire ce que l'on observe sur l'écran.

INDICE

Outil : la lumière blanche contient toutes les radiations visibles.