

Travaux dirigés d'Optique n°1

Données : Constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

Électronvolt : $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Applications directes

Exercice 1 Télécommunication optique

Une diode de télécommande émet un rayonnement de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 940 \text{ nm}$.

1. Quelle est la nature de ce rayonnement ?
2. Déterminer l'énergie du photon associé à ce rayonnement en Joules puis en eV (électronvolt)

La diode émet une puissance lumineuse $P = 50 \text{ mW}$. Elle est actionnée pendant une durée $t = 0,5 \text{ s}$

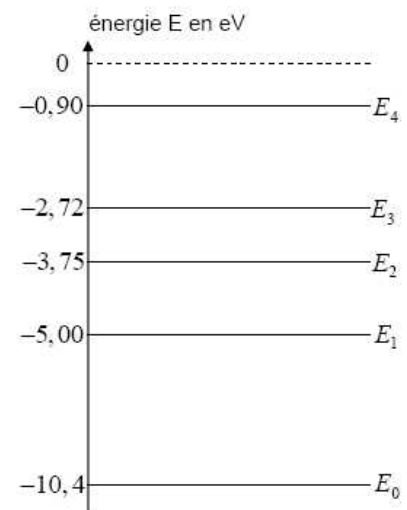
3. Déterminer l'énergie fournie par la diode en $0,5 \text{ s}$.
4. En déduire le nombre de photons émis en $0,5 \text{ s}$.

La fibre optique « AMITIE », mise en service en 2023, relie le Massachusetts aux Etats-Unis, Le Porge en France et Bude au Royaume-Uni. Elle mesure une longueur $L = 6800 \text{ km}$. Le cœur de cette fibre possède un indice $n = 1,48$. Le signal envoyé est un faisceau lumineux de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 1550 \text{ nm}$.

5. Déterminer la longueur d'onde du signal dans le cœur de la fibre. Quelle est la couleur du faisceau dans la fibre ?
6. Quelle est la durée nécessaire pour transmettre le signal dans ce câble transatlantique ?

Exercice 2 : Lampe au mercure

Le diagramme ci-contre présente certains niveaux d'énergie de l'atome de mercure. Le niveau E_0 correspond au niveau d'énergie le plus bas (niveau fondamental). Les autres niveaux correspondent à des états excités de l'atome de mercure.

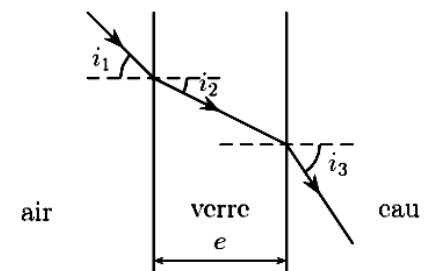


1. Quelle est, en électronvolt, l'énergie libérée par un atome de mercure se désexcitant du niveau E_4 au niveau E_2 ?
2. En déduire la longueur d'onde la couleur de la radiation correspondante ?
3. Reprendre les calculs précédents pour une désexcitation du niveau E_2 vers le niveau fondamental E_0 .
4. Pourquoi une lampe à vapeur de mercure émet-elle un spectre de raies ?

Exercice 3 : Aquarium

La paroi d'un aquarium est constituée d'une lame de verre à faces parallèles, d'épaisseur $e = 5 \text{ mm}$.

L'indice optique de l'air est $n_1 = 1,00$; celui du verre est $n_2 = 1,50$ et celui de l'eau $n_3 = 1,33$.

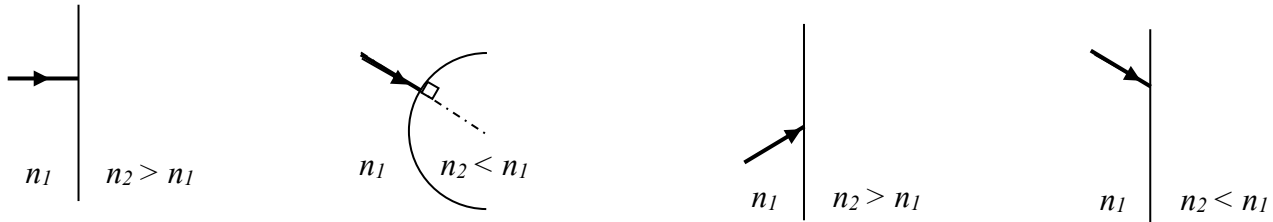


- a) Sachant que $i_1 = 46^\circ$, calculer i_2 et i_3 .
- b) A quelle condition sur l'angle i_2 peut-il y avoir une réflexion totale à l'interface verre/eau ?
- c) Que peut-on dire de i_1 et i_3 si l'aquarium ne contient pas d'eau ?

Exercices sans calcul

Exercice 4 : Tracé de rayons lumineux

Tracez **qualitativement** la trajectoire des rayons lumineux **réfractés** lors de la traversée des dioptries ci-dessous (on ne s'intéressera pas aux rayons réfléchis).

**Exercice 5 : Équerre optique**

Soient deux miroirs plans montés orthogonalement. On considère un rayon incident quelconque subissant une réflexion sur chacun des miroirs. Déterminer graphiquement la déviation, c'est à dire l'angle entre le rayon incident et le rayon émergent.



Quel est l'intérêt d'un tel système ?

Applications des lois de la réfraction

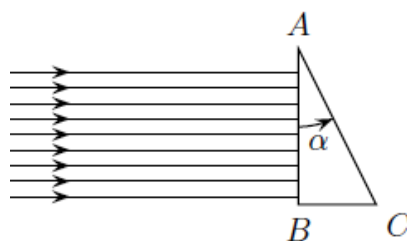
Exercice 6 : Cache-cache *

Un poisson est caché dans l'eau (indice de réfraction $n_{eau} \approx 1,33$) sous le centre d'un nénuphar géant d'Amazonie de rayon $r = 50$ cm.

- Représenter un schéma de la situation en plaçant le poisson et le nénuphar.
- Représenter le parcours de quelques rayons issus du poisson, se propageant vers l'interface eau/air.
- Tous les rayons émis par le poisson peuvent-ils être transmis dans l'air ?
- En déduire à quelle profondeur maximale h doit se trouver le poisson pour qu'on ne puisse jamais le voir depuis l'air ($n_{air} = 1$) ? On exprimera le résultat analytiquement puis numériquement.

Exercice 7 : Déviation d'un faisceau de lumière parallèle *

Un faisceau parallèle tombe sous incidence normale sur toute la face d'entrée (à gauche) d'un prisme en cristal de petit angle au sommet α et d'indice n . Données numériques : $\alpha = 2,90 \cdot 10^{-3}$ rad ; $n = 1,500$.



- Représenter le faisceau émergent du prisme en admettant qu'il y a bien réfraction.
- Exprimer, en fonction de α , l'angle d'incidence d'un rayon lumineux au niveau de l'interface cristal/air (dioptre AC)

Si l'angle α est très faible devant 1 rad, on peut effectuer l'hypothèse $\sin(\alpha) \approx \alpha$.

- En déduire que le faisceau est dévié d'un angle $D \approx (n - 1)\alpha$.
- Calculer l'angle de déviation D dans les conditions de l'expérience.

Exercice 8 : Introduction à la résolution de problème **

Cet exercice, volontairement peu guidé, doit vous conduire à l'acquisition d'autonomie dans l'étude complète d'un phénomène.

Il est nécessaire d'être très soigneux dans la rédaction, d'expliquer un maximum votre démarche et vos choix. L'essentiel de l'évaluation portera sur la rédaction.

On attend de votre part :

- De s'approprier le problème (Faire un schéma, identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole)
- De modéliser la situation, de faire éventuellement des hypothèses simples,
- De relier le problème à une situation connue, identifier la partie du cours en relation, se référer à un exercice déjà étudié ...
- Les valeurs numériques ne sont pas forcément fournies. Il faudra soit les extraire des documents fournis soit les fixer, en expliquant vos choix et en gardant des valeurs cohérentes.

Problème à étudier :

Lors d'une séance de plongée sous marine, un amateur a pris le cliché ci-dessous.

- Expliquer en quelques lignes pourquoi le plongeur peut observer un disque lumineux à la surface de l'eau.
- Déterminer la profondeur à laquelle se situe le plongeur.



Capacités exigibles:

- Connaître et utiliser l'expression reliant l'énergie d'un photon à la fréquence.
- Caractériser une source lumineuse par son spectre. Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur.
- Établir la relation entre la longueur d'onde dans le vide et la longueur d'onde dans le milieu.
- Définir le modèle de l'optique géométrique et indiquer ses limites
- Connaître et utiliser les lois de Snell-Descartes pour déterminer des rayons réfléchis ou réfractés à partir d'un rayon incident
- Établir la condition de réflexion totale.
- Définir une convention d'orientation des angles dans un plan et lire des angles orientés.
- Fibre optique : Établir les expressions du cône d'acceptance et de la dispersion intermodale d'une fibre à saut d'indice.

Capacités mathématiques :

- Calculer des angles et des distances avec des formules géométriques et de trigonométrie.
- Définir une convention d'orientation des angles dans un plan et lire des angles orientés

QCM d'entraînement :