

## Exercices du chapitre Physique 3 : La lumière, modèle ondulatoire

### Applications directes

#### Étudier la diffraction de la lumière

(§ 1 du cours)

##### 2. Étudier la diffraction produite par une fente

Les figures (a) et (b) ont été obtenues lors d'expériences utilisant un laser et une fente.

- Quelle est l'orientation de la fente lors de chaque expérience?
- Si les photos sont prises avec deux fentes différentes utilisées avec le même laser et la même distance entre la fente et l'écran, laquelle est obtenue avec la fente la plus large?



- Si les photos sont prises avec la même fente et le même laser, laquelle correspond à la plus grande distance entre la fente et l'écran?



##### 3. Étudier l'influence de la longueur d'onde sur la diffraction

Lors d'une expérience de diffraction, on a obtenu le cliché de la figure (a) ci-dessous. En changeant uniquement le laser, on a obtenu le cliché de la figure (b).

- Quel cliché correspond au laser de plus grande longueur d'onde?
- La longueur d'onde de la lumière de l'un des lasers est 650 nm et les deux lasers émettent des radiations dans le domaine visible. Quelle est la longueur d'onde du second laser?



##### 4. Connaître les caractéristiques de la diffraction

Choisir les bonnes réponses parmi celles qui sont proposées.

- Le phénomène de diffraction permet de mettre en évidence :
  - le caractère ondulatoire de la lumière;
  - l'influence du milieu sur la vitesse de propagation.
- La figure de diffraction obtenue avec une fente est formée de :
  - d'anneaux concentriques;
  - de taches étalées perpendiculairement à la fente.
- Lors d'une expérience de diffraction d'un faisceau lumineux de longueur d'onde  $\lambda$  par une fente de largeur  $a$  située à la distance  $D$  de l'écran, la largeur de la tache centrale observée sur l'écran est :
  - $\alpha$ ) proportionnelle à  $a$ ;
  - $\beta$ ) inversement proportionnelle à  $a$ ;
  - $\gamma$ ) indépendante de  $a$ .
- $\alpha$ ) proportionnelle à  $\lambda$ ;
  - $\beta$ ) inversement proportionnelle à  $\lambda$ ;
  - $\gamma$ ) indépendante de  $\lambda$ .
- $\alpha$ ) proportionnelle à  $D$ ;
  - $\beta$ ) inversement proportionnelle à  $D$ ;
  - $\gamma$ ) indépendante de  $D$ .
- L'écart angulaire  $\theta$ , en radian, provoqué par une fente de largeur  $a$  sur un faisceau laser de longueur d'onde  $\lambda$  est donné par la relation :
  - $\theta = \lambda \cdot a$ ;
  - $\theta = \frac{\lambda}{a}$ ;
  - $\theta = \frac{a}{\lambda}$ .
- L'écart angulaire  $\theta$  provoqué par une fente de largeur  $a = 0,10$  mm sur un faisceau laser de longueur d'onde  $\lambda = 633$  nm est de :
  - $0,63 \times 10^{-10}$  rad;
  - $6,3 \times 10^{-3}$  rad;
  - 0,158 rad.

#### Étudier la propagation des ondes lumineuses

(§ 2 du cours)

##### 5. Calculer une fréquence à partir d'une longueur d'onde

Une lampe à iode émet de nombreuses radiations. Les longueurs d'onde dans le vide de trois de ces radiations sont : 512 nm, 534 nm et 563 nm.

- Cette lampe émet-elle une lumière monochromatique ou polychromatique?
- Calculer la fréquence de ces radiations.

Donnée :

célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

##### 7. Étudier la propagation de la lumière dans différents milieux

Compléter le tableau ci-après correspondant à la propagation, dans divers milieux matériels, d'une onde lumineuse dont la longueur d'onde, dans le vide, est 590 nm. **SOS**

Milieu	vide	eau	diamant
Longueur d'onde (nm)	590		
Indice du milieu		1,33	
Célérité ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )			$1,24 \times 10^8$
Fréquence (Hz)			
Couleur	jaune		

##### 8. Connaître les propriétés des ondes lumineuses

Choisir la bonne réponse parmi celles qui sont proposées.

- Le spectre de la lumière visible est formé de radiations dont les longueurs d'onde dans le vide sont comprises entre :
  - 400 et 800 mm;
  - 400 et 800  $\mu\text{m}$ ;
  - 400 et 800 nm.
- La radiation jaune émise par une lampe à vapeur de sodium a pour longueur d'onde dans le vide :
  - 589  $\mu\text{m}$ ;
  - 589 nm;
  - $5,89 \times 10^{-11}$  m.
- La longueur d'onde  $\lambda$  dans le vide d'une radiation de fréquence  $\nu$  est donnée par la relation :
  - $\lambda = c \cdot \nu$ ;
  - $\lambda = \frac{c}{\nu}$ ;
  - $\lambda = \frac{\nu}{c}$ .
- Une onde lumineuse passe d'un milieu de propagation d'indice  $n_1$  à un milieu d'indice  $n_2$ , supérieur à  $n_1$ .
  - La fréquence de cette onde :
    - augmente;
    - diminue;
    - n'est pas modifiée.
  - La longueur d'onde de cette onde :
    - augmente;
    - diminue;
    - n'est pas modifiée.
  - La célérité de cette onde :
    - augmente;
    - diminue;
    - n'est pas modifiée.

#### Étudier la dispersion de la lumière

(§ 3 du cours)

##### 10. Appliquer les lois de la réfraction

Choisir la bonne réponse parmi celles qui sont proposées.

- L'indice de réfraction moyen de l'eau pour les radiations visibles est :
  - 0,13;
  - 1,33;
  - 13,3.
- L'indice de réfraction  $n$  d'un milieu transparent est défini, par rapport à la célérité  $\vartheta$  de la lumière dans ce milieu, par la relation :
  - $n = c \cdot \vartheta$ ;
  - $n = \frac{c}{\vartheta}$ ;
  - $n = \frac{\vartheta}{c}$ .
- L'indice de réfraction d'un milieu transparent est :
  - toujours supérieur à 1;
  - toujours inférieur à 1;
  - supérieur ou égal à 1.
- L'indice de réfraction d'un milieu transparent :
  - a une unité;
  - n'a pas d'unité;
  - peut avoir une unité.

## Exercices du chapitre Physique 3 : La lumière, modèle ondulatoire

5. L'indice de réfraction est très voisin de 1 dans le cas :

- a. de l'eau;                      b. du verre;                      c. de l'air.

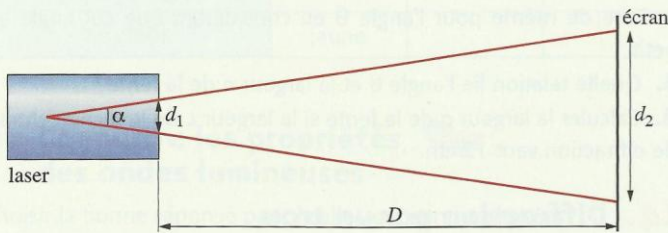
6. À la traversée de la surface de séparation entre deux milieux d'indice  $n_1$  et  $n_2$ , un faisceau lumineux d'incidence  $i_1$  se réfracte avec un angle de réfraction  $i_2$ . La loi de DESCARTES s'écrit :

- a.  $n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$ ;  
b.  $n_2 \cdot \sin i_1 = n_1 \cdot \sin i_2$ ;  
c.  $n_1 \cdot \cos i_1 = n_2 \cdot \cos i_2$ .

### Utilisation des acquis

#### 16. Le danger d'un faisceau laser

Un pointeur laser, utilisé par un conférencier, émet un faisceau lumineux de fréquence  $\nu = 4,22 \times 10^{14}$  Hz et de puissance  $\mathcal{P} = 2,0$  mW, par une ouverture circulaire de diamètre  $d_1 = 2$  mm. Il produit une tache lumineuse de diamètre  $d_2 = 10$  mm sur un écran situé à la distance  $D = 10$  m de l'ouverture.



- Calculer la longueur d'onde dans l'air de la lumière émise par le laser. Quelle est la couleur du faisceau?
- Calculer la valeur de l'angle  $\alpha$  appelé divergence  $\alpha$  du faisceau.
- a. Quelle est l'aire  $A$  de la tache lumineuse obtenue sur l'écran?  
b. On admet que toute la puissance émise est transportée jusqu'à l'écran. Calculer la puissance lumineuse par unité de surface reçue par l'écran.  
c. Le faisceau est dangereux pour l'œil humain si la puissance reçue par unité de surface est supérieure à  $20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . Conclure.

Donnée :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

#### 17. Fréquence et longueur d'onde

Un laser Y.A.G. (Yttrium Aluminium Garnet) utilisé en médecine possède, dans le vide, une longueur d'onde  $\lambda_0 = 1,06 \mu\text{m}$ .

- Cette onde lumineuse est-elle visible? Dans quel domaine du spectre se situe-t-elle?
- Calculer sa fréquence.
- Calculer la longueur d'onde  $\lambda_1$  de ce laser dans un verre flint d'indice  $n_1 = 1,58$ .
- Dans un verre crown, la longueur d'onde de ce laser est  $\lambda_2 = 716 \text{ nm}$ . Calculer l'indice de ce verre.

#### 20. Des irisations avec la lumière blanche

(voir l'activité préparatoire A)

On éclaire une fente de largeur  $a = 0,20 \text{ mm}$ , avec une lumière blanche. La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran situé à la distance  $D = 2,5 \text{ m}$  de la fente.

- Quelle est la composition de la lumière blanche? Quelles en sont, dans le vide, les longueurs d'onde extrêmes?
- On place successivement sur le trajet de la lumière l'un des filtres présentés ci-dessous. Chaque filtre ne laisse passer qu'une longueur d'onde.

Filtre	1	2	3
Longueur d'onde dans le vide (nm)	450	590	750

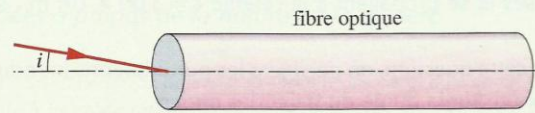
- Quelle est la couleur de la lumière qui traverse chaque filtre?
- Calculer, pour chaque filtre, la largeur de la tache centrale observée sur l'écran.
- Représenter, en grandeur réelle, les taches centrales observées. On dessinera ces taches, les unes sous les autres, en alignant leurs centres.
- En ne tenant compte que des taches centrales, décrire la figure de diffraction observée en l'absence de filtre.

#### 21. Une fibre optique

Un faisceau lumineux de longueur d'onde  $\lambda_1 = 750 \text{ nm}$  se propage dans l'air et pénètre dans une fibre optique d'indice  $n_2 = 1,50$ , sous une incidence  $i = 10,0^\circ$ .

L'indice de l'air sera pris égal à celui du vide :  $n_1 = 1,00$ .

La face d'entrée du faisceau est perpendiculaire à la fibre.



- a. Quelle est la célérité  $v_1$  de la lumière dans l'air et la célérité  $v_2$  de la lumière dans la fibre?  
b. Quelle est la fréquence  $\nu_1$  de l'onde lumineuse dans l'air et la fréquence  $\nu_2$  dans la fibre optique?  
c. Quelle est la longueur d'onde  $\lambda_2$  de l'onde lumineuse dans la fibre optique?
- a. Rappeler les lois de DESCARTES pour la réfraction.  
b. Quelle est la valeur de l'angle de réfraction  $r$  dans la fibre?  
c. Schématiser le début de la propagation du faisceau dans la fibre. Sous quelle incidence  $i'$  rencontre-t-il la surface séparant la fibre de l'air?  
d. Quel est l'angle limite d'incidence  $i_1$  pour qu'un faisceau se propageant dans la fibre ne soit pas réfracté dans l'air?  
e. Quelle sera alors la propagation du faisceau?

#### 22. Lumière émise par un laser

On dispose d'une diode laser  $S$  émettant un faisceau lumineux monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 0,790 \mu\text{m}$ . La lumière émise par la source  $S$  traverse une fente fine, verticale, de largeur  $d = 0,10 \text{ mm}$ . Un phénomène dû à la nature ondulatoire de la lumière est observé sur un écran placé à une distance  $D = 2,0 \text{ m}$  de la fente.

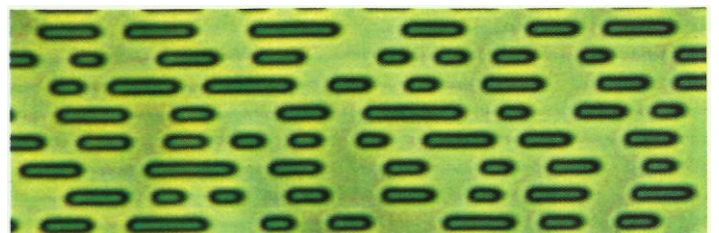
##### A. Caractéristiques ondulatoires de la lumière

- Quelle est la couleur de la lumière émise par cette diode laser?
- Comment peut-on qualifier la lumière émise par un laser?
- Quel est le nom du phénomène cité au début de l'exercice? Décrire qualitativement ce que l'on observe sur l'écran.
- Toutes les autres grandeurs restant inchangées, comment est modifiée la figure observée sur l'écran si :  
a. on diminue la largeur de la fente?  
b. on diminue la longueur d'onde?  
Justifier les réponses.

##### B. Application à la lecture d'un CD

5. Dans un lecteur CD, on lit des informations gravées sur le disque sous forme de petites cuvettes réfléchissantes dont le diamètre limite le nombre d'informations. Actuellement, on éclaire le disque avec une diode laser de longueur d'onde  $\lambda = 0,790 \mu\text{m}$ .

Prochainement, on va commercialiser des lecteurs utilisant une diode laser émettant une longueur d'onde dans le bleu (lecteurs « blue-ray disc »).



Pistes d'un CD.

D'après la question 3., quel intérêt présente ce changement de longueur d'onde?

D'après le sujet de bac de Polynésie, juin 2005.