

EX1

## La propagation de la lumière

Exercices -- Correction

## EX1

1) On rappelle que la réflexion de la lumière sur un support est spéculaire lorsque la taille des aspérités du support est plus petite que la longueur d'onde de la lumière incidente

Un homme se regarde dans une théière fraîchement polie. Sachant que la lumière visible possède des longueurs d'onde d'environ 400 nm à 700 nm et que les rugosités sur la théière sont de l'ordre de  $0,05 \mu\text{m}$ , l'homme voit-il son visage sur la théière ?

$$0,05 \mu\text{m} = 0,05 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

$$400 \text{ nm} = 400 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$700 \text{ nm} = 700 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

La taille des aspérités (de  $5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ ) est plus petite que la longueur d'onde de la lumière visible (de  $4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  à  $7 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ) : l'homme pourra voir son visage sur la théière.

2) De quel type de réflexion s'agit-il si aucune image ne se forme sur une surface ?

Si aucune image ne se forme sur une surface, la réflexion de la lumière est une réflexion diffuse

3) Pour faciliter la lecture d'un livre, est-il préférable de l'imprimer sur du papier glacé ou sur du papier mat ? Justifier la réponse

Il est préférable d'imprimer un livre sur du papier mat. Il y aura ainsi moins de réflexion spéculaire et plus de réflexion diffuse, ce qui réduira les reflets et facilitera la lecture.

4) Pour donner plus d'éclat aux photos d'un livre, est-il préférable de l'imprimer sur du papier glacé ou sur du papier mat ? Justifier la réponse

Il est préférable d'imprimer les photos sur du papier glacé. Il y aura ainsi plus de réflexion spéculaire et moins de réflexion diffuse, ce qui augmentera la brillance des couleurs des photos

5) On polit les voitures à l'aide d'une cire pour leur donner un effet brillant ; quel est le rôle de la cire dans le polissage des voitures ?

La cire utilisée dans le polissage des voitures permet de combler les micro-aspérités de la carrosserie : les aspérités étant ainsi réduites la réflexion de la lumière devient en partie spéculaire, et la voiture brille

6) Il est conseillé de ne pas utiliser les feux de route lorsqu'on conduit par brouillard épais ; pourquoi ?

La lumière émise par les feux de route subit une réflexion diffuse sur les particules constituant le brouillard. La lumière part dans toutes les directions et revient dans les yeux du conducteur, ce qui gêne la visibilité

7) Il est possible de percevoir les objets qui nous entourent parce qu'ils réfléchissent la lumière du soleil ; d'après vous, pourquoi peut-on voir les différentes couleurs de ces objets, même si la lumière incidente provenant du soleil est blanche ?

La lumière qui entre dans l'objet rugueux, du fait de ses irrégularités ou de ses inhomogénéités, accomplit un trajet chaotique avant de ressortir dans une direction aléatoire.

Lors de ce trajet dans le matériau, la lumière interagit avec les pigments de la matière et ressort colorée

## EX2

1)

Principe de Fermat

"Pour aller d'un point à un autre, un rayon lumineux suit toujours le chemin qui lui prend le moins de temps".

Pourquoi le chemin du sauveteur est-il une analogie du principe de Fermat ?

Pour sauver la personne en train de se noyer, le sauveteur doit suivre le chemin le plus rapide, celui qui lui demande le moins de temps.

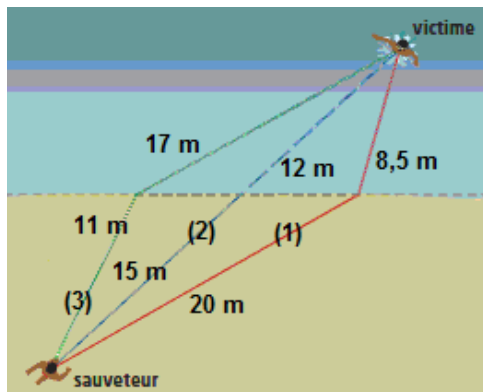
2) Calculer le temps que met le sauveteur sur chacun des trois chemins ; compléter le tableau. Quel est le chemin le plus rapide pour atteindre la victime ?

| Course dans le sable |         |      |       |
|----------------------|---------|------|-------|
| chemin               | (1)     | (2)  | (3)   |
| Distance (m)         | 20 m    | 15 m | 11 m  |
| Vitesse (m/s)        | 5,0 m/s |      |       |
| Temps de course (s)  | 4 s     | 3 s  | 2,2 s |

| Nage dans l'eau   |         |      |      |
|-------------------|---------|------|------|
| chemin            | (1)     | (2)  | (3)  |
| Distance (m)      | 8,5 m   | 12 m | 17 m |
| Vitesse (m/s)     | 2,0 m/s |      |      |
| Temps de nage (s) | 4,25    | 6    | 8,5  |

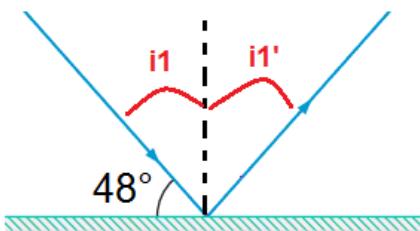
| Temps pour atteindre la victime (s) |     |     |        |
|-------------------------------------|-----|-----|--------|
| chemin                              | (1) | (2) | (3)    |
|                                     | 8 s | 9 s | 10,7 s |

Le chemin le plus rapide est donc le chemin (1)



### EX3

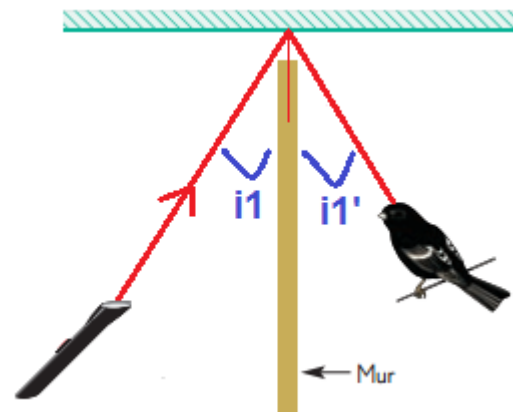
1) Donner l'angle de réflexion sur l'illustration ci-contre



L'angle d'incidence est :  $i_1 = 90 - 48 = 42^\circ$

L'angle de réflexion est  $i_1' = i_1 = 42^\circ$

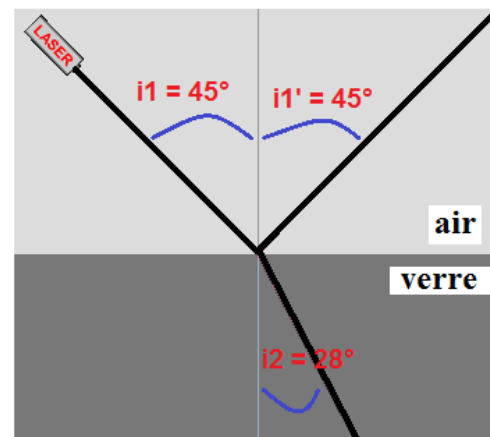
2) Sur l'illustration suivante, placer la lampe de poche de façon à éclairer l'oiseau. Indiquer l'emplacement de la lampe de poche et mesurer l'angle d'incidence.



L'angle d'incidence est :  $i_1 = 30^\circ$

L'angle de réflexion est  $i_1' = 30^\circ$

3) Mesurer à l'aide d'un rapporteur les angles d'incidence, de réflexion et de réfraction

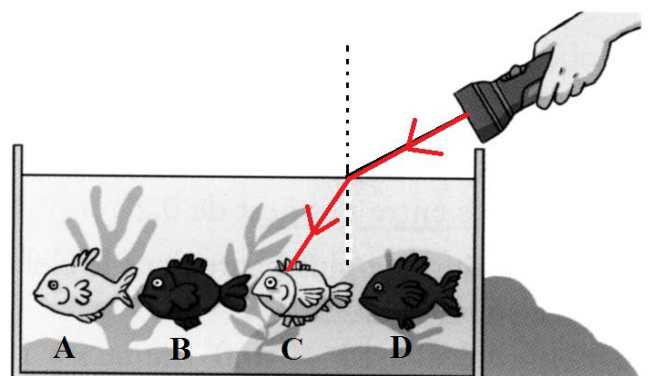


L'angle d'incidence est :  $i_1 = 45^\circ$

L'angle de réflexion est  $i_1' = 45^\circ$

L'angle de réfraction est :  $i_2 = 28^\circ$

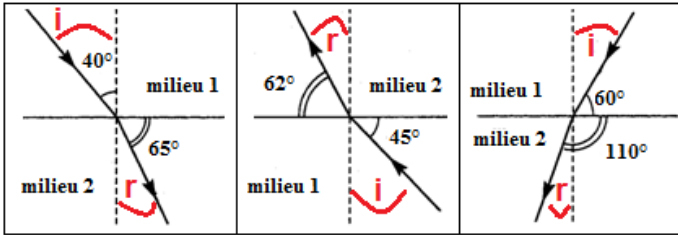
4) Une torche éclaire un aquarium contenant 4 poissons. Quel sera le poisson éclairé par la torche ?



## EX4

**5)**

- Déterminer, dans chaque cas, la valeur de l'angle d'incidence  $i$  et celle de l'angle de réfraction  $r$  du rayon lumineux représenté ;  
- Où est l'air ?



Cas (1) : air milieu 1

Angle d'incidence :  $i = 40^\circ$

Angle de réfraction :  $r = 90 - 65 = 25^\circ$

Cas (2) : air milieu 1

Angle d'incidence :  $i = 45^\circ$

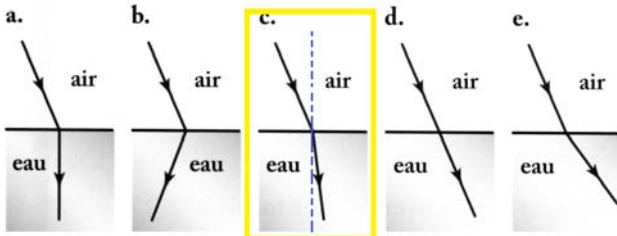
Angle de réfraction :  $r = 90 - 62 = 28^\circ$

Cas (3) : air milieu 1

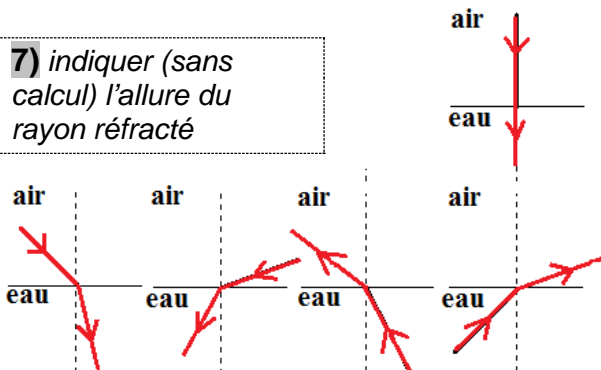
Angle d'incidence :  $i = 90 - 60 = 30^\circ$

Angle de réfraction :  $r = 110 - 90 = 20^\circ$

**6)** Parmi les schémas ci-dessous, dire lequel peut correspondre à la réfraction d'un rayon lumineux passant de l'air dans l'eau



**7)** indiquer (sans calcul) l'allure du rayon réfracté



Tous les milieux transparents sont caractérisés par un indice de réfraction,  $n$ , nombre sans unité :

$$n = \frac{c}{v}$$

$c$  : vitesse de la lumière dans le vide

$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$v$  : vitesse de la lumière dans le milieu transparent

**1)**

Pourquoi l'indice de réfraction  $n$  n'a pas d'unité ?

L'indice de réfraction n'a pas d'unité car il est obtenu avec le rapport de deux grandeurs qui ont la même unité

Pourquoi les valeurs des indices de réfraction sont-elles toujours supérieures ou égales à 1 ?

La valeur de  $C$  étant supérieure ou égale à  $V$  (dans le cas de la propagation de la lumière dans l'air), le rapport  $C/V$  sera supérieur ou égal à 1

Plus le milieu transparent est dense, moins la vitesse de la lumière est importante. Comment varie alors l'indice ?

Lorsque le milieu est dense, la vitesse  $V$  de la lumière est plus faible : donc le rapport  $C/V$  est important

**2)** La vitesse de la lumière dans un solide est de  $1,24 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- Calculer son indice de réfraction, puis identifier la matière de ce solide à l'aide du tableau ci-dessous.

|                 | Indice $n$ (sans unité) |
|-----------------|-------------------------|
| Air             | 1,00                    |
| Eau             | 1,33                    |
| Ethanol         | 1,36                    |
| Verre (quartz)  | 1,46                    |
| Plexiglas       | 1,51                    |
| Verre (crown)   | 1,52                    |
| Verre (cristal) | 1,54                    |
| Verre (flint)   | 1,65                    |
| Diamant         | 2,42                    |

$$n = \frac{C}{V} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,24 \cdot 10^8} = 2,4$$

→ le milieu transparent est donc en **diamant**

### EX5

Un rayon lumineux se déplaçant dans l'air, pénètre dans l'eau sous une incidence de  $45^\circ$

On donne l'indice de l'eau  $n = 1,33$ .

- Calculer l'angle de réfraction

La lumière se déplace de l'air (milieu 1) dans l'eau (milieu 2)

| Milieu 1         |              |
|------------------|--------------|
| $i_1 = 45^\circ$ | $n_1 = 1$    |
| Milieu 2         |              |
| $i_2 = ??$       | $n_2 = 1,33$ |

$$n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2 \rightarrow 1 \times \sin 45^\circ = 1,33 \times \sin i_2$$

$$\sin i_2 = \frac{\sin 45^\circ}{1,33} \rightarrow i_2 = 32^\circ$$

### EX6

Un rayon lumineux passe de l'air dans la glycérine.

L'angle d'incidence vaut  $30^\circ$  et l'angle de réfraction vaut  $20^\circ$

- Calculer l'indice de réfraction de la glycérine.

La lumière se déplace de l'air (milieu 1) dans la glycérine (milieu 2)

| Milieu 1         |           |
|------------------|-----------|
| $i_1 = 30^\circ$ | $n_1 = 1$ |
| Milieu 2         |           |
| $i_2 = 20^\circ$ | $n_2 = ?$ |

$$n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2 \rightarrow 1 \times \sin 30^\circ = n_2 \times \sin 20^\circ$$

$$n_2 = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 20^\circ} = 1,46$$

3) Calculer la vitesse de la lumière dans du verre de quartz, dans du verre flint et dans du verre crown

Cas (1) : dans du verre de quartz

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1,46} = 2,05 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

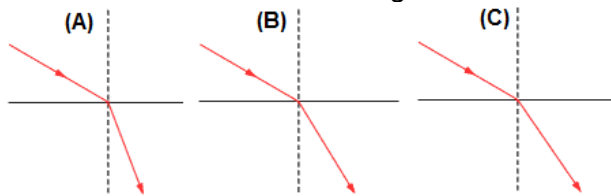
Cas (2) : dans du verre flint

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1,65} = 1,82 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

Cas (3) : dans du verre crown

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1,52} = 1,97 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

4) Plus l'indice d'un milieu est petit (plus il se rapproche de 1), moins la lumière est déviée lorsqu'elle passe de l'air au milieu, plus la lumière a tendance à aller en ligne droite



Les schémas montrent le chemin de la lumière. Le premier milieu est l'air, et les seconds sont en verre (quartz, flint ou crown).

- Identifier chaque solide à l'aide de son indice de réfraction

Cas (A) : propagation de la lumière de l'air vers le verre en flint (indice 1,65)

Cas (B) : propagation de la lumière de l'air vers le verre en crown (indice 1,52)

Cas (C) : propagation de la lumière de l'air vers le verre en quartz (indice 1,46)

5) On dispose de deux blocs de verre très semblables ; l'un est en verre crown, l'autre en verre flint.

- Proposer une expérience qui permet de différencier les deux blocs ; quel équipement serait nécessaire ?

Pour différencier les deux morceaux de verres, il faut envoyer un rayon de lumière sur le morceau de verre, puis mesurer les angles d'incidence et de réfraction

**EX7**

Un rayon lumineux se propageant dans l'air arrive sur la surface plane d'un aquarium contenant de l'eau d'indice **1,33**.

- 1)** La valeur de l'angle d'incidence est **70°**  
- Calculer la valeur de l'angle de réfraction.

La lumière se déplace de l'air (milieu 1) dans l'eau (milieu 2)

| Milieu 1         |              |
|------------------|--------------|
| $i_1 = 70^\circ$ | $n_1 = 1$    |
| Milieu 2         |              |
| $i_2 = ??$       | $n_2 = 1,33$ |

$$n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2 \rightarrow 1 \times \sin 70^\circ = 1,33 \times \sin i_2$$

$$\sin i_2 = \frac{\sin 70^\circ}{1,33} \rightarrow i_2 = 45^\circ$$

- 2)** Quel doit être la valeur de l'angle d'incidence pour que la valeur de l'angle de réfraction soit **30°** ?

La lumière se déplace de l'air (milieu 1) dans l'eau (milieu 2)

| Milieu 1         |              |
|------------------|--------------|
| $i_1 = ??$       | $n_1 = 1$    |
| Milieu 2         |              |
| $i_2 = 30^\circ$ | $n_2 = 1,33$ |

$$n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2 \rightarrow 1 \times \sin i_1 = 1,33 \times \sin 30^\circ$$

$$\sin i_1 = 1,33 \times \sin 30^\circ \rightarrow i_1 = 42^\circ$$

**EX8**

Un rayon lumineux se propageant dans l'air traverse la surface d'un morceau de verre d'indice **n = 1,4**

La lumière se déplace de l'air (milieu 1) dans le verre (milieu 2)

| Milieu 1         |             |
|------------------|-------------|
| $i_1 = ??$       | $n_1 = 1$   |
| Milieu 2         |             |
| $i_2 = 20^\circ$ | $n_2 = 1,4$ |

$$n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2 \rightarrow 1 \times \sin i_1 = 1,4 \times \sin 20^\circ$$

$$\sin i_1 = 1,4 \times \sin 20^\circ \rightarrow i_1 = 29^\circ$$