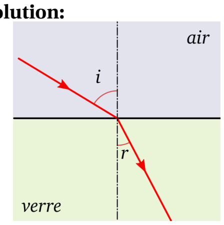
(4 points) Exercice 1 : **Déviation d'un rayon** Un rayon lumineux se propageant dans l'air arrive sur une face plane d'un bloc de verre. On précise les indices optiques suivants : $n_{air} = 1{,}00$ et $n_{verre} = 1{,}50$.

(a) (2 points) Schématiser la situation illustrant le phénomène de réfraction en faisant apparaître les rayons incident et réfracté.

Solution:



(b) (2 points) Calculer la valeur de l'angle d'incidence permettant d'obtenir un angle de réfraction de 35°.

Solution: D'après la loi de Snell-Descartes,

$$n_{air} \times \sin(i) = n_{verre} \times \sin(r)$$
$$\frac{\cancel{n_{air}} \times \sin(i)}{\cancel{n_{air}}} = \frac{n_{verre} \times \sin(r)}{n_{air}}$$
$$\sin(i) = \frac{n_{verre} \times \sin(r)}{n_{air}}$$
$$i = \sin^{-1}\left(\frac{n_{verre} \times \sin(r)}{n_{air}}\right)$$
$$i = \sin^{-1}\left(\frac{1.5 \times \sin(35)}{1}\right)$$
$$i \approx 59^\circ$$

L'angle de réfraction vaut donc 59°.

(4 points) Exercice 2 : **Un problème de géométrie**
Sur le schéma de la figure ci-contre, l'objet à une taille de 2 cm, $OA = 15\,\text{cm}$ et $OA' = 20\,\text{cm}$.

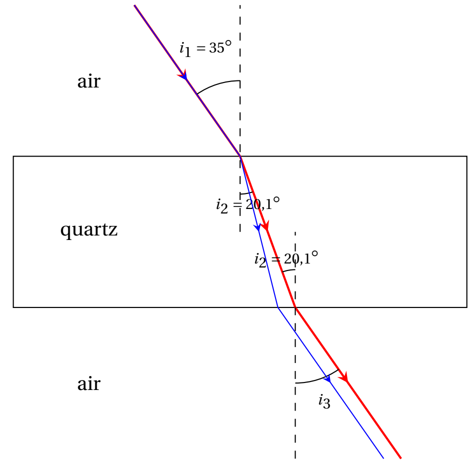
(a) (2 points) Expliquer comment on peut déterminer le grandissement γ à l'aide du théorème de Thalès.

Solution: On applique le théorème de Thalès en considérant les droites (BB') et (AA') qui se coupent en O, ainsi que les deux droites parallèles (AB) et $(A'B')$. On a alors la relation suivante : $\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} = \gamma$.

(b) (2 points) En déduire la taille de l'image $A'B'$.

Solution: On a $\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$ donc pour isoler $A'B'$ on multiplie par AB à gauche et à droite de l'équation : $\frac{A'B'}{\cancel{AB}} \times \cancel{AB} = \frac{OA'}{OA} \times AB$ et finalement $A'B' = \frac{OA'}{OA} \times AB = \frac{20}{15} \times 2 \approx 2{,}7\,\text{cm}$.

(6 points) Exercice 3 : **Étude d'une lame de Quartz**
Un rayon monochromatique rouge se propageant dans l'air arrive sur une lame en quartz dont les deux faces sont parallèles. On a représenté son trajet dans la lame ci-contre.
L'angle d'incidence vaut $i_1 = 35°$.
L'angle de réfraction vaut $i_2 = 20{,}1°$.
L'indice de réfraction de l'air vaut $n_{air} = 1{,}0$.



(a) (1 point) Représenter l'angle d'incidence et l'angle de réfraction sur le schéma.

Solution: Voir ci-dessus.

(b) (2 points) Calculer l'indice de réfraction du quartz pour la couleur rouge n_{rouge}.

Solution: On applique la loi de Snell-Descartes à l'interface air/quartz :

$$n_{air}\sin(i_1) = n_{rouge}\sin(i_2) \quad \text{on divise à gauche et à droite par } \sin(i_2)$$
$$\frac{n_{air}\sin(i_1)}{\sin(i_2)} = \frac{n_{rouge}\ \cancel{\sin(i_2)}}{\cancel{\sin(i_2)}}$$
$$\frac{n_{air}\sin(i_1)}{\sin(i_2)} = n_{rouge}$$
$$n_{rouge} = \frac{n_{air}\sin(i_1)}{\sin(i_2)}$$
$$= \frac{1{,}0\sin(35°)}{\sin(20{,}1°)}$$
$$n_{rouge} = 1{,}67$$

L'indice de réfraction du quartz pour la lumière rouge vaut $n_{rouge} = 1{,}67$.

(c) (1 point) Le rayon réfracté arrive maintenant sur la deuxième face (deuxième séparation entre le quartz et l'air). Placer sur le schéma, pour la deuxième réfraction, la droite normale, l'angle d'incidence i_2, et l'angle de réfraction i_3.

Solution: Voir ci-contre.

On admet que après avoir traversé complètement la lame de quartz, le rayon sortant est parallèle au rayon entrant. On sait que pour un même angle d'incidence, plus l'indice du milieu de réfraction n est grand, plus le rayon réfracté se rapproche de la droite normale. On sait aussi que l'indice du quartz pour le rayon bleu vérifie : $n_{bleu} > n_{rouge}$

(d) (1 point) Dessiner sur le schéma précédent le trajet d'un rayon bleu qui arrive en étant superposé au rayon rouge. Justifier (sans faire de calcul).

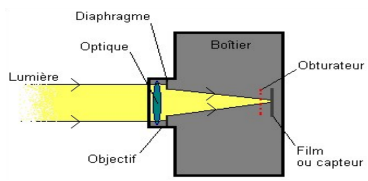
Solution: On sait que $n_{bleu} > n_{rouge}$ et que plus l'indice du milieu de réfraction n est grand, plus le rayon réfracté se rapproche de la droite normale, donc le rayon bleu est moins dévié que le rouge.

(e) (1 point) La lame est-elle un objet dispersif ? Justifier.

Solution: La lame est un objet dispersif puisque la lumière blanche incidente est décomposée en plusieurs couleurs différentes.

(6 points) Exercice 4 : **Photographie**

Pour illustrer le principe de fonctionnement d'un appareil photo, on modélise l'objectif de l'appareil photo par une lentille mince convergente. On considère un objet lumineux AB de 3,0 cm de hauteur placé à 20 cm de l'objectif de l'appareil photo de vergence 16,67 m^{-1}. L'objet AB est perpendiculaire à l'axe optique de l'objectif.



(a) (1 point) Montrer que la distance focale de la lentille mince convergente qui modélise l'objectif de l'appareil photo vaut $f' = 6{,}0\,\mathrm{cm}$. On rappelle que la vergence est définie comme $C = \frac{1}{f'}$.

> **Solution:** On multiplie à gauche et à droite par f' :
>
> $$C = \frac{1}{f'}$$
>
> $$f' \times C = \frac{\cancel{f'}}{\cancel{f'}}$$
>
> $$f' \times C = 1 \qquad \text{on divise à gauche et à droite par C}$$
>
> $$\frac{f' \times \cancel{C}}{\cancel{C}} = \frac{1}{C}$$
>
> $$f' = \frac{1}{C}$$
>
> $$= \frac{1}{16{,}67\,\mathrm{m}^{-1}}$$
>
> $$f' = 6{,}0\,\mathrm{cm}$$
>
> La distance focale vaut 6,0 cm.

(b) (2 points) Réaliser au crayon, sur papier millimétré au format paysage, la construction graphique de l'image $A'B'$ de l'objet AB en utilisant l'échelle suivante :
Horizontalement : 1 cm $\Longleftrightarrow$ 2 cm et Verticalement : 1 cm $\Longleftrightarrow$ 1 cm.

> **Solution:** Voir ci-dessous.

(c) (1 point) Donner les caractéristiques de l'image $A'B'$ formée sur le capteur de l'appareil photo. Justifier.

> **Solution:** L'image est réelle (on peut la projeter sur un écran), renversée (vers le bas) et plus petite ($A'B' < AB$).

(d) (1 point) Donner la position et la taille réelle de l'image.

> **Solution:** L'image se trouve à 4,3 cm de l'objectif sur le schéma, donc $OA' = 8{,}6\,\mathrm{cm}$ dans la réalité. La taille de l'image verticalement est à la même échelle, donc on lit $A'B' = 1{,}3\,\mathrm{cm}$.

(e) (1 point) Exprimer puis calculer le grandissement. Conclure sur cette valeur.

> **Solution:** Le grandissement s'exprime selon :
>
> $$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{1{,}3\,\mathrm{cm}}{3{,}0\,\mathrm{cm}} = 0{,}43 \tag{1}$$
>
> $\gamma < 1$ donc l'image est bien plus petite que l'objet.
> Note : On aurait également pu utiliser $\gamma = \frac{OA'}{OA} = \frac{4{,}3\,\mathrm{cm}}{10\,\mathrm{cm}} = 0{,}43$.