Chapitre 3 La réfraction

3.1 La réfraction de la lumière

1. La difficulté vient du fait que la réfraction de la lumière qui émerge de l'eau crée l'impression que le fond de la piscine est situé plus près qu'il ne l'est en réalité.

2. A et C.

3. Exemples de réponses.

- La formation des mirages.
- La tige d'une fleur placée dans un verre d'eau qui paraît pliée.
- Les larmes qui brouillent notre vision.
- Des lunettes trop fortes qui brouillent également notre vision.
- L'air qui semble danser autour des objets qui dégagent beaucoup de chaleur (feu, tuyaux d'échappement, etc.).

4. a) Lorsqu'on augmente l'angle d'incidence, le rayon incident se rapproche de la surface.

b) Il en va de même pour le rayon réfracté : lorsqu'on augmente l'angle d'incidence, le rayon réfracté se rapproche de la surface.

5. L'illustration B. Plus l'angle de réfraction est petit, plus l'indice de réfraction du milieu est grand.

6. 1. $\theta_2 = ?$

2. $\theta_1 = 30°$
$n_1 = 1{,}0003$ (air)
$n_2 = 1{,}33$ (eau)

3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$
D'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$

4. $\sin \theta_2 = \dfrac{1{,}0003 \times \sin 30°}{1{,}33}$
$= 0{,}376$
$\theta_2 = 22°$

5. L'angle de réfraction est de 22°. Puisque $\theta_i = \theta_r = 30°$ et que $\theta_2 < \theta_r$, la réponse est B.

3.1 La réfraction de la lumière (*suite*)

7. a) Puisque $n = \dfrac{c}{v}$, nous pouvons dire que la vitesse de la lumière dans le bloc est inversement proportionnelle à l'indice de réfraction. En conséquence, la lumière voyage plus rapidement dans le bloc dont l'indice de réfraction est le plus bas, soit 1,4.

b) 1. $v_1 = ?$
$v_2 = ?$
$v_3 = ?$

2. $n_1 = 1{,}4$
$n_2 = 1{,}5$
$n_3 = 1{,}6$

3. $n = \dfrac{c}{v}$, d'où $v = \dfrac{c}{n}$

4.
$$\begin{aligned} v_1 &= \frac{c}{n_1} \\ &= \frac{3{,}0 \times 10^8 \text{ m/s}}{1{,}4} \\ &= 2{,}143 \times 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_2 &= \frac{c}{n_2} \\ &= \frac{3{,}0 \times 10^8 \text{ m/s}}{1{,}5} \\ &= 2{,}000 \times 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_3 &= \frac{c}{n_3} \\ &= \frac{3{,}0 \times 10^8 \text{ m/s}}{1{,}6} \\ &= 1{,}875 \times 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

5. Dans le premier bloc, la vitesse de la lumière est de $2{,}1 \times 10^8$ m/s, dans le deuxième bloc, la vitesse de la lumière est de $2{,}0 \times 10^8$ m/s, tandis que dans le troisième bloc, cette vitesse est de $1{,}9 \times 10^8$ m/s.

3.1 La réfraction de la lumière (*suite*)

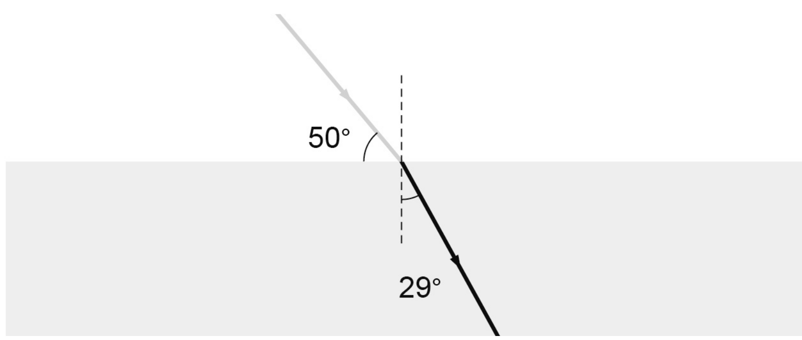
8. 1. $\theta_2 = ?$

2. $\theta_1 = 90° - 50°$, soit $40°$
$n_1 = 1,0003$
$n_2 = 1,33$

3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, d'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$

4. $\sin \theta_2 = \dfrac{1,0003 \times \sin 40°}{1,33}$
$= 0,483$
$\theta_2 = 28,9°$

5. L'angle de réfraction est de $29°$.



9. a) Passage de l'air à l'huile minérale.

1. $\theta_2 = ?$

2. $\theta_1 = 55°$
$n_1 = 1,0003$
$n_2 = 1,48$

3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, d'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$

4. $\sin \theta_2 = \dfrac{1,0003 \times \sin 55°}{1,48}$
$= 0,5536$
$\theta_2 = 33,6°$

5. Dans l'huile minérale, le rayon lumineux formera un angle de $33,6°$ avec la normale.

3.1 La réfraction de la lumière (*suite*)

Passage de l'huile minérale au verre crown.

1. $\theta_2 = ?$
2. $\theta_1 = 33{,}6°$
   $n_1 = 1{,}48$
   $n_2 = 1{,}52$
3. $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$, d'où $\sin\theta_2 = \dfrac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}$
4. $\sin\theta_2 = \dfrac{1{,}48 \times \sin 33{,}6°}{1{,}52}$
   $= 0{,}539$
   $\theta_2 = 32{,}6°$
5. Dans le verre crown, le rayon lumineux formera un angle de $32{,}6°$ avec la normale.

Passage du verre crown à l'air.

1. $\theta_2 = ?$
2. $\theta_1 = 32{,}6°$
   $n_1 = 1{,}52$
   $n_2 = 1{,}0003$
3. $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$, d'où $\sin\theta_2 = \dfrac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}$
4. $\sin\theta_2 = \dfrac{1{,}52 \times \sin 32{,}6°}{1{,}0003}$
   $= 0{,}819$
   $\theta_2 = 55°$
5. Dans l'air, le rayon lumineux formera un angle de $55°$ avec la normale.

b) L'angle d'incidence initial est égal à l'angle de réfraction final.

10. 1. $n_2 = ?$

2. $\theta_1 = 35°$
   $\theta_2 = 30°$
   $n_1 = 1{,}0003$
3. $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$, d'où $n_2 = \dfrac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

3.1 La réfraction de la lumière (*suite*)

4. $n_2 = \dfrac{1{,}0003 \times \sin 35°}{\sin 30°}$

   $= 1{,}15$

5. L'indice de réfraction du milieu inconnu est de 1,15.

11. Je calcule d'abord l'angle de réfraction dans le prisme en verre crown.

1. $\theta_2 = ?$
2. $\theta_1 = 50°$
   $n_1 = 1{,}0003$
   $n_2 = 1{,}52$
3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, d'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$
4. $\sin \theta_2 = \dfrac{1{,}0003 \times \sin 50°}{1{,}52}$

   $= 0{,}504$

   $\theta_2 = 30{,}27°$
5. L'angle de réfraction est de 30° dans le prisme en verre crown.

Je calcule maintenant l'angle de réfraction dans le prisme en verre flint lourd.

1. $\theta_2 = ?$
2. $\theta_1 = 50°$
   $n_1 = 1{,}0003$
   $n_2 = 1{,}66$
3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, d'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$
4. $\sin \theta_2 = \dfrac{1{,}0003 \times \sin 50°}{1{,}66}$

   $= 0{,}4616$

   $\theta_2 = 27{,}49°$
5. L'angle de réfraction est de 27,5° dans le prisme en verre flint lourd.

3.1 La réfraction de la lumière (*suite*)

12. Je calcule d'abord l'angle de réfraction dans la glace.

1. $\theta_2 = ?$
2. $\theta_1 = 40°$
   $n_1 = 1{,}0003$
   $n_2 = 1{,}31$
3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, d'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$
4. $\sin \theta_2 = \dfrac{1{,}0003 \times \sin 40°}{1{,}31}$
   $= 0{,}49$
   $\theta_2 = 29{,}4°$
5. Dans la glace, le rayon lumineux formera un angle de $29{,}4°$ avec la normale.

Je calcule ensuite l'angle de réfraction dans l'eau.

1. $\theta_2 = ?$
2. $\theta_1 = 29{,}4°$
   $n_1 = 1{,}31$
   $n_2 = 1{,}33$
3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, d'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$
4. $\sin \theta_2 = \dfrac{1{,}31 \times \sin 29{,}4°}{1{,}33}$
   $= 0{,}48$
   $\theta_2 = 28{,}9°$
5. Dans l'eau, le rayon lumineux formera un angle de $28{,}9°$ avec la normale.

Le poisson verra le Soleil avec un angle de réfraction de $29°$ (soit le même angle de réfraction que s'il n'y avait pas de glace).

13.
1. $n = ?$
2. $v = 100\,000$ km/s, soit $1{,}00 \times 10^8$ m/s
3. $n = \dfrac{c}{v}$
4. $n = \dfrac{3{,}00 \times 10^8 \text{ m/s}}{1{,}00 \times 10^8 \text{ m/s}}$
   $= 3{,}00$
5. L'indice de réfraction de cette substance serait de 3,00.

3.1 La réfraction de la lumière (*suite*)

14. a) 1. $\theta_2 = ?$

2. $\theta_1 = 25°$
$n_1 = 1,0003$
$n_2 = 1,52$

3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, d'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$

4. $\sin \theta_2 = \dfrac{1,0003 \times \sin 25°}{1,52}$
$= 0,278$
$\theta_2 = 16,1°$

5. L'angle de réfraction est de 16°.

b) 1. $\theta_2 = ?$

2. $\theta_1 = 30°$
$n_1 = 1,33$
$n_2 = 1,52$

3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, d'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$

4. $\sin \theta_2 = \dfrac{1,33 \times \sin 25°}{1,52}$
$= 0,3698$
$\theta_2 = 21,7°$

5. L'angle de réfraction devient 22°.

3.2 La réfraction de la lumière dans les lentilles minces

15. a) Faux. Ces lentilles peuvent être composées de matériaux différents, ce qui implique que leur indice de réfraction peut être différent. Elles peuvent donc avoir des foyers dont l'emplacement est différent.

b) Vrai.

c) Faux. Plus la vitesse de la lumière dans une lentille est élevée, plus l'indice de réfraction du verre qui constitue la lentille est faible. Une lentille faite d'un indice de réfraction faible dévie moins la lumière qu'une lentille ayant la même forme, mais faite d'un verre dont l'indice de réfraction est plus grand.

3.2 La réfraction de la lumière dans les lentilles minces (*suite*)

16. a) A Parallèle à l'axe principal.
B Se dirige vers le foyer principal.
C Passe par le foyer secondaire.
D Parallèle à l'axe principal.
E Passe par le centre de la lentille.
F N'est pas réfracté.

b) A Parallèle à l'axe principal.
B Semble provenir du foyer principal.
C Se dirige vers le foyer secondaire.
D Parallèle à l'axe principal.
E Passe par le centre de la lentille.
F N'est pas réfracté.

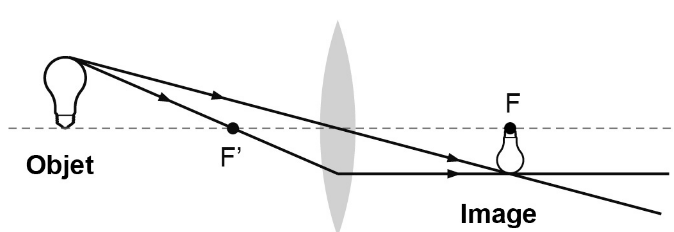
17. Parce que, contrairement aux miroirs, les lentilles possèdent deux faces et que chaque face a son propre foyer.

18. L'eau possède un indice de réfraction plus élevé que celui de l'air. Dans un verre, l'eau peut donc agir à la manière d'une loupe en formant des images agrandies des objets qui se trouvent derrière.

19. L'image produite est virtuelle, droite, plus petite que l'objet et située plus près de la lentille que l'objet.

20. Lorsque la lumière touche la surface de la lentille, la déviation des rayons lumineux sera d'autant plus importante que l'angle d'incidence sera plus grand. Ainsi, plus la courbure de la lentille est prononcée, plus cet angle est augmenté sur une plus grande partie de la lentille.

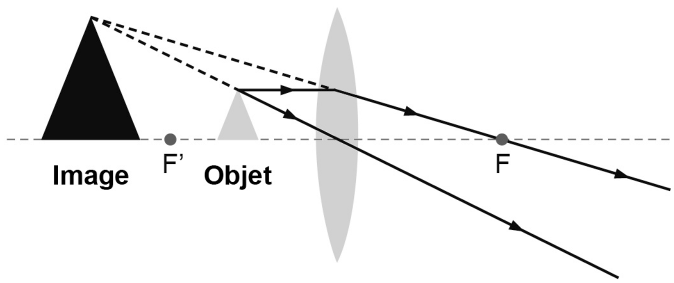
21. a)



L'image est réelle, inversée, plus petite que l'objet et située plus près de la lentille que l'objet.

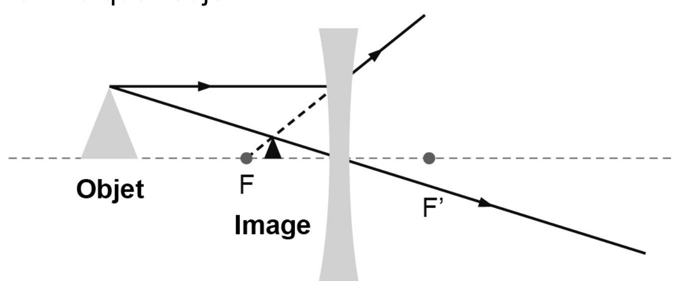
3.2 La réfraction de la lumière dans les lentilles minces (*suite*)

b)



L'image est virtuelle, droite, plus grande que l'objet et située plus loin de la lentille que l'objet.

c)



L'image est virtuelle, droite, plus petite que l'objet et située plus près de la lentille que l'objet.

22. a) 1. $h_i = ?$

2. $h_o = 2\text{ mm}$
$G = 4$

3. $G = \dfrac{h_i}{h_o}$, d'où $h_i = G \times h_o$

4. $h_i = 4 \times 2\text{ mm}$
$= 8\text{ mm}$

5. La hauteur des images vues par Fernande est de 8 mm.

b) 1. $f = ?$

2. $h_o = 2\text{ mm}$
$d_o = 8{,}0\text{ cm, soit } 80\text{ mm}$
$h_i = 8\text{ mm}$

3. $\dfrac{h_i}{h_o} = \dfrac{-d_i}{d_o}$, d'où $d_i = -\left(\dfrac{h_i}{h_o} \times d_o\right)$

$\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{d_o} + \dfrac{1}{d_i}$, d'où $f = \dfrac{1}{\dfrac{1}{d_o} + \dfrac{1}{d_i}}$

4. $d_i = -\left(\dfrac{8\text{ mm}}{2\text{ mm}} \times 80\text{ mm}\right)$
$= -320\text{ mm}$

$f = \dfrac{1}{\dfrac{1}{80\text{ mm}} + \dfrac{1}{-320\text{ mm}}}$
$= 106{,}67\text{ mm}$

5. La longueur focale de la loupe de Fernande est de 107 mm (ou de 10,7 cm).

3.3 La réflexion totale interne

23. L'angle critique est un angle d'incidence.

24. Non, parce que la lumière arrive dans un milieu dont l'indice de réfraction est plus élevé. Pour obtenir une réflexion totale interne, il faut que l'indice de réfraction du milieu d'arrivée soit plus petit que celui du milieu de départ.

25. L'angle critique entre l'air et l'eau est de 49°. Les deux plongeurs ne peuvent se voir que si l'angle d'incidence dépasse l'angle critique, puisque la surface de l'eau agira alors comme un miroir. Dans notre cas, les plongeurs peuvent observer la surface avec un angle d'incidence maximal de $45° \left(\tan \theta = \frac{2\ \text{m}}{2\ \text{m}} \right)$. Ils ne peuvent donc pas se voir.

26. Le matériau qui constitue la fibre optique possède un indice de réfraction relativement élevé. De plus, l'angle d'incidence des rayons lumineux circulant dans la fibre est généralement plus grand que l'angle critique. En conséquence, la quasi totalité de la lumière est réfléchie vers l'intérieur de la fibre. La lumière voyage donc d'un bout à l'autre de la fibre, grâce à une succession de réflexions totales internes.

27.
1. $\theta_c = ?$
2. $n_1 = 1{,}33$
   $n_2 = 1{,}31$
3. $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$
4. $\sin \theta_c = \frac{1{,}31}{1{,}33} = 0{,}985$
   $\theta_c = 80{,}1°$
5. L'angle critique entre l'eau et la glace est de 80,1°.

28. **a)**
1. $n_1 = ?$
2. $n_2 = 1{,}47$
   $\theta_1 = 78{,}5°$
3. $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$, d'où $n_1 = \frac{n_2}{\sin \theta_c}$
4. $n_1 = \frac{1{,}47}{\sin 78{,}5°} = 1{,}50$
5. L'indice de réfraction du milieu inconnu est de 1,50.

b) Il s'agit probablement du benzène.

Exercices sur l'ensemble du chapitre 3

29. La longueur focale de la lentille de Rose est de 12,0 cm, puisqu'elle capte un point lumineux lorsque l'ampoule est très éloignée de la lentille. Si elle place son ampoule à 24,0 cm, celle-ci est donc située à 2*f*. L'image qu'elle obtient est alors réelle, inversée, de même taille que l'ampoule et située à la même distance de la lentille que l'ampoule (soit à 2*f*).

Exercices sur l'ensemble du chapitre 3 (*suite*)

30. En arrivant sur chacune des faces du morceau de verre, la lumière ne sera pas déviée, car les deux milieux (la solution et le verre) ont le même indice de réfraction. Les rayons lumineux n'étant pas déviés, l'apparence du verre sera identique à celle de la solution, ce qui nous empêchera de discerner la surface du morceau dans la solution. Il sera donc invisible.

31. **a)** Deux lentilles constituées du même matériau ont le même indice de réfraction. Cependant, une lentille plus courbée dévie davantage les rayons à l'entrée et à la sortie, car l'angle d'incidence des rayons lumineux est plus important. La longueur focale de la lentille la plus courbée sera donc plus courte.

b) Deux lentilles de matériaux différents peuvent avoir des indices de réfraction différents. En ce cas, la lentille dont l'indice de réfraction est le plus élevé déviera davantage les rayons, ce qui diminuera sa longueur focale.

32. **a)** On ne peut pas projeter l'image produite par une lentille divergente sur un écran, parce que ces lentilles ne forment que des images virtuelles.

b) On peut projeter l'image produite par une lentille convergente sur un écran à condition que cette image soit réelle. Pour obtenir une telle image, il faut que l'objet soit situé plus loin que le foyer.

c) On ne peut pas projeter l'image produite par un prisme parce qu'un prisme dévie les rayons sans former d'images.

33. Les longueurs d'onde les plus déviées sont celles qui subissent la plus importante variation d'indices de réfraction. Ce sont également les plus lentes, puisque l'indice de réfraction est inversement proportionnel à la vitesse de la lumière. L'ordre des couleurs est donc : rouge, orange, jaune, vert, bleu et violet.

34. **a)** En plaçant une fibre optique non gainée dans l'eau, on diminue fortement la différence entre les indices de réfraction des milieux intérieur et extérieur de la fibre. Cette diminution de variation amène une augmentation de l'angle critique. Il y a donc davantage de risque de perdre le signal lumineux vers l'extérieur, puisque l'angle d'incidence des rayons peut plus facilement être inférieur à l'angle critique et, donc, être réfracté au lieu d'être totalement réfléchi.

b) Plus on tord une fibre optique, plus on augmente l'angle d'incidence des rayons lumineux qu'elle transporte. Il y a donc davantage de risque de perdre le signal vers l'extérieur dans les courbes.

35. 1. $\theta_2 = ?$

2. $\theta_1 = 30°$

$n_1 = 1{,}0003$

$n_2 = 1{,}33$

Exercices sur l'ensemble du chapitre 3 (*suite*)

3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, d'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$

4. $\sin \theta_2 = \dfrac{1{,}0003 \times \sin 30°}{1{,}33}$
$= 0{,}376$
$\theta_2 = 22{,}1°$

5. L'angle de réfraction est de 22°.

36. a) 1. $G = ?$

2. $h_o = 4{,}0$ cm
$d_o = 30$ cm
$h_i = 1{,}8$ cm

3. $G = \dfrac{h_i}{h_o}$

4. $G = \dfrac{1{,}8 \text{ cm}}{4{,}0 \text{ cm}}$
$= 0{,}45$

5. Le grandissement est de 0,45. (L'image est droite et plus petite que l'objet.)

b) 1. $f = ?$

2. $h_o = 4{,}0$ cm
$d_o = 30$ cm
$h_i = 1{,}8$ cm

3. $\dfrac{h_i}{h_o} = \dfrac{-d_i}{d_o}$, d'où $d_i = -\left(\dfrac{h_i}{h_o} \times d_o\right)$
$\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{d_o} + \dfrac{1}{d_i}$, d'où $f = \dfrac{1}{\dfrac{1}{d_o} + \dfrac{1}{d_i}}$

4. $d_i = -\left(\dfrac{1{,}8 \text{ cm}}{4{,}0 \text{ cm}} \times 30 \text{ cm}\right)$
$= -13{,}5$ cm
$f = \dfrac{1}{\dfrac{1}{30 \text{ cm}} + \dfrac{1}{-13{,}5 \text{ cm}}}$
$= -24{,}5$ cm

5. La longueur focale de la lentille est de $-24{,}5$ cm.

c) C'est une lentille divergente, puisque la longueur focale est négative et que l'image est virtuelle, droite et plus petite que la figurine.

37. 1. $n_1 = ?$

2. $n_2 = 1{,}003$ (indice de réfraction de l'air)
$\theta_c = 45°$

3. $\sin \theta_c = \dfrac{n_2}{n_1}$
D'où $n_1 = \dfrac{n_2}{\sin \theta_c}$

4. $n_1 = \dfrac{1{,}003}{\sin 45°}$
$= 1{,}42$

5. L'indice de réfraction minimal doit être de 1,42.

Exercices sur l'ensemble du chapitre 3 (*suite*)

38. 1. $\theta_c = ?$

2. $n_1 = 1{,}33$
$n_2 = 1{,}0003$

3. $\sin \theta_c = \dfrac{n_2}{n_1}$

4. $\sin \theta_c = \dfrac{1{,}0003}{1{,}33}$
$= 0{,}752$
$\theta_c = 48{,}8°$

5. L'angle critique est de 48,8°.

Par rapport à la surface, l'angle doit être de 90° – 48,8°, soit environ 41°.

Défis

39. a) 1. $\theta_2 = ?$
$\theta_3 = ?$
$\theta_4 = ?$

2. $\theta_1 = 10°$
$n_1 = 1{,}0003$
$n_2 = 1{,}52$
$n_3 = 1{,}0003$

3. $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, d'où $\sin \theta_2 = \dfrac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}$

4. Je cherche d'abord la valeur de l'angle de réfraction dans le verre, soit θ_2.

$\sin \theta_2 = \dfrac{1{,}0003 \times \sin 10°}{1{,}52}$
$= 0{,}114$
$\theta_2 = 6{,}56°$

L'angle d'incidence entre le verre et l'air est donc : $\theta_3 = 6{,}56°$.

Je peux maintenant calculer l'angle de réfraction entre le verre et l'air, soit θ_4.

$\sin \theta_4 = \dfrac{1{,}52 \times \sin 6{,}56°}{1{,}0003}$
$= 0{,}17$
$\theta_4 = 10°$

5. L'angle de réfraction final est de 10°.

Défis (*suite*)

b) 1. $d = ?$

2. $e = 30$ cm

$\theta_1 = \theta_4 = 10°$

$\theta_2 = \theta_3 = 6{,}56°$

$n_1 = n_3 = 1{,}003$

$n_2 = 1{,}52$

3. Dans le verre, le rayon lumineux forme un triangle rectangle dans lequel un des angles (θ_2) vaut 6,56° et un des côtés (*e*) vaut 30 cm. Un autre côté (la longueur *ab*) correspond au trajet de la lumière dans le verre.

$$\cos\theta_2 = \frac{e}{ab}, \text{ d'où } ab = \frac{e}{\cos\theta_2} = \frac{30 \text{ cm}}{\cos 6{,}56°} = 30{,}198 \text{ cm}$$

Je peux maintenant mesurer un autre triangle rectangle, soit le triangle *abc*. La distance que je cherche correspond au côté *bc*. L'angle qui se trouve dans la partie du haut vaut 10° – 6,56°, soit 3,44°.

$$\sin\theta = \frac{bc}{ab}, \text{ d'où } bc = \sin\theta \times ab = \sin 3{,}44° \times 30{,}198 \text{ cm} = 1{,}812 \text{ cm}$$

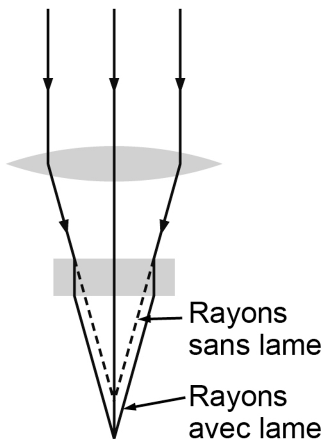
4. Le déplacement latéral du rayon lumineux est de 1,8 cm.

40. a) Le Soleil étant une source de lumière très éloignée, les rayons qui nous en parviennent peuvent être considérés comme étant parallèles. Pour concentrer ces rayons sur la feuille, il faut donc placer celle-ci au foyer de la lentille (soit à 5 cm de la lentille), car des rayons parallèles convergent vers le foyer d'une lentille convergente.

b) Plus l'air est chaud, plus son indice de réfraction est faible. Les rayons lumineux seront donc davantage déviés sur chacune des faces de la lentille, puisque la différence entre les indices de réfraction sera plus grande. Les rayons lumineux étant plus déviés, ils devraient converger plus rapidement, ce qui signifie qu'il faudrait rapprocher la feuille de la lentille. Cependant, cet effet est vraiment négligeable car la différence entre les indices de réfraction de l'air chaud et de l'air ambiant est extrêmement petite.

Défis (*suite*)

c) Comme nous l'avons vu dans l'exercice précédent, une lame de verre ne modifie pas la direction d'un rayon lumineux, mais elle le déplace latéralement. Ainsi, en plaçant une lame de verre plane entre la lentille et la feuille, on déplace latéralement les rayons sans changer leur direction. Donc, les rayons convergeront un peu plus loin de la lentille.



41. a) 1. $h_i = ?$

2. $h_o = 2{,}5\text{ cm}$
$f = 10{,}0\text{ cm}$
$d_o = 22{,}0\text{ cm}$

3. $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{d_o} + \dfrac{1}{d_i}$, d'où $d_i = \dfrac{1}{\dfrac{1}{f} - \dfrac{1}{d_o}}$

$\dfrac{h_i}{h_o} = \dfrac{-d_i}{d_o}$, d'où $h_i = \dfrac{-d_i}{d_o} \times h_o$

4. $$d_i = \frac{1}{\dfrac{1}{10{,}0\text{ cm}} - \dfrac{1}{22{,}0\text{ cm}}} = 18{,}3\text{ cm}$$

$$h_i = \frac{-18{,}3\text{ cm}}{22{,}0\text{ cm}} \times 2{,}5\text{ cm} = -2{,}08\text{ cm}$$

5. La hauteur de l'image formée par la lentille convergente est de 2,08 cm et elle est inversée.

b) 1. $h_i = ?$

2. $h_o = -2{,}08\text{ cm}$
$f = -5{,}00\text{ cm}$
$d_o = 36{,}0\text{ cm} - 18{,}3\text{ cm} = 17{,}7\text{ cm}$

3. $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{d_o} + \dfrac{1}{d_i}$, d'où $d_i = \dfrac{1}{\dfrac{1}{f} - \dfrac{1}{d_o}}$

$\dfrac{h_i}{h_o} = \dfrac{-d_i}{d_o}$, d'où $h_i = \dfrac{-d_i}{d_o} \times h_o$

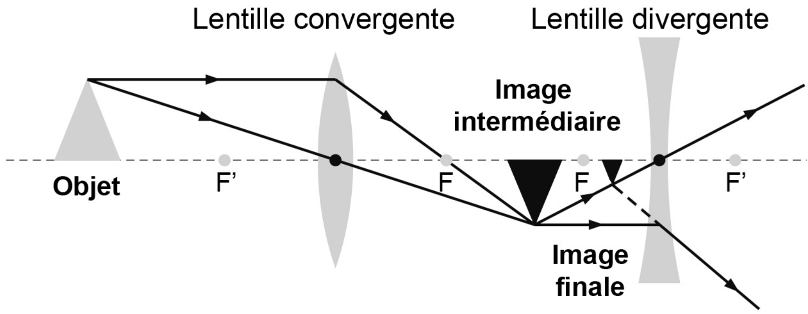
4. $$d_i = \frac{1}{\dfrac{1}{-5{,}00\text{ cm}} - \dfrac{1}{17{,}7\text{ cm}}} = -3{,}9\text{ cm}$$

$$h_i = \frac{3{,}9\text{ cm}}{17{,}7\text{ cm}} \times -2{,}08\text{ cm} = -0{,}458\text{ cm}$$

5. La hauteur de l'image finale sera de 0,458 cm (ou de 4,6 mm) et elle est inversée.

Défis (*suite*)

c) et d)



42. a) 1. $d_o = ?$

2. $d_i = 5{,}00$ m, soit 500 cm
$f = 70{,}0$ cm

3. $$\frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} = \frac{1}{f}$$

D'où $$d_o = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{d_i}}$$

4. $$d_o = \frac{1}{\frac{1}{70{,}0 \text{ cm}} - \frac{1}{500 \text{ cm}}}$$
$$= 81{,}40 \text{ cm}$$

5. Il devra placer ses personnages à 81,4 cm de la lentille.

b) Les images seront réelles, inversées, plus grandes que l'objet et plus éloignées de la lentille que l'objet.

c) Les personnages de Renaud devraient être placés tête en bas pour que les images, qui sont inversées, paraissent droites pour les spectateurs.

d) Il devrait changer à la fois la position de l'écran et celle de ses personnages.

Son grandissement actuel est :

$$G = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{-500 \text{ cm}}{81{,}4 \text{ cm}} = -6{,}14.$$

Le double de ce grandissement est donc :

$$2G = 2 \times -6{,}14 = -12{,}28.$$

Cela implique qu'on doit chercher les valeurs de d_o et d_i qui respectent la longueur focale de la lentille.

Défis (*suite*)

1. $d_o = ?$
   $d_i = ?$
2. $f = 70\text{ cm}$
   $G = -12{,}28$
3. $G = \dfrac{-d_i}{d_o}$, d'où $d_i = -(G \times d_o)$

   $\dfrac{1}{d_i} + \dfrac{1}{d_o} = \dfrac{1}{f}$, d'où $f = \dfrac{1}{\dfrac{1}{d_i} + \dfrac{1}{d_o}}$
4. $d_i = -(-12{,}28 \times d_o)$
   $= 12{,}28d_o$

$$f = \frac{1}{\left(\dfrac{1}{12{,}28d_o}\right) + \left(\dfrac{1}{d_o}\right)}$$

$$= \frac{1}{\left(\dfrac{1}{12{,}28d_o}\right) + \left(\dfrac{12{,}28}{12{,}28d_o}\right)}$$

$$= \frac{1}{\dfrac{13{,}28}{12{,}28d_o}}$$

$$= \frac{12{,}28d_o}{13{,}28}$$

$$d_o = \frac{13{,}28f}{12{,}28}$$

$$= \frac{13{,}28 \times 70\text{ cm}}{12{,}28}$$

$$= 75{,}7\text{ cm}$$

$$d_i = 12{,}28d_o$$

$$= 12{,}28 \times 75{,}7\text{ cm}$$

$$= 929{,}6\text{ cm}$$

5. Renaud doit placer ses personnages à 75,7 cm de sa lentille et son écran à 9,30 m.

e) La blague ne sera pas réussie, car le poisson, qui joue ici le rôle d'objet, ne sera pas situé au bon endroit pour que son image se forme sur l'écran.