

Information complémentaire

Optique - Brève introduction

La lumière voyage à des vitesses différentes selon les matériaux qu'elle traverse. Plus un matériau est dense et plus la lumière y voyage lentement. Le concept le plus important de l'étude de l'optique est le phénomène de la réfraction. Tout le monde a déjà observé la réfraction. Il suffit de penser à un crayon dans un verre d'eau : le crayon semble dévier ou même être cassé à la surface de l'eau (voir une image de ce phénomène à la **figure 1**). En fait, la réfraction se produit parce que la lumière ralentit lorsqu'elle passe de l'air à l'eau, qui est plus dense.

La meilleure façon de comprendre ce concept est d'imaginer un rayon laser traversant un morceau de JELL-O, tel qu'illustré à la **figure 2**. Pendant un très court moment, alors que le laser passe de l'air à l'intérieur du JELL-O, le tout début du rayon se trouve dans deux matériaux différents. Pendant ce bref instant, la partie du rayon qui est à l'intérieur du JELL-O voyage plus lentement que celle qui est encore dans l'air.



Figure 1

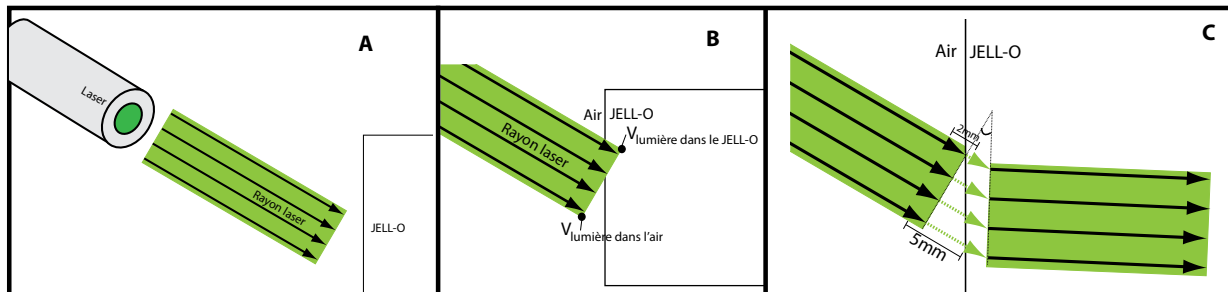


Figure 2. La réfraction expliquée

Pour comprendre comment ces deux vitesses différentes provoquent la réfraction, imaginons un essieu entre deux roues (**figure 3**). Que se passe-t-il si l'une des deux roues tourne plus vite que l'autre? L'essieu dévie. C'est ce qui se produit avec le rayon laser, illustré dans la partie C de la **figure 2**. Dans un même laps de temps, la partie inférieure du rayon parcourt une plus grande distance que la partie supérieure. Le rayon dévie en fait jusqu'à ce qu'il soit entièrement passé au travers de l'interface, et jusqu'à ce qu'il voyage au complet à la même vitesse. À ce stade, le rayon se déplace de nouveau en ligne droite, et ce, même s'il emprunte un trajet selon un angle maintenant différent.

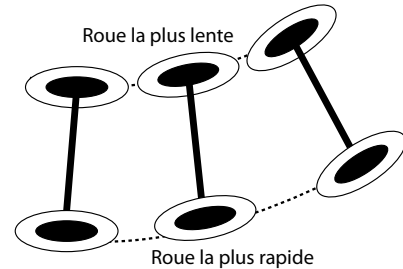


Figure 3

L'angle selon lequel le rayon frappe l'interface (angle d'incidence) détermine la quantité de lumière réfractée. L'angle de réfraction est l'angle selon lequel le rayon quitte l'interface. Plus l'angle d'incidence est grand, plus la lumière tourne, alors que les différentes parties du rayon voyagent à des vitesses différentes, et ce, pendant un plus grand laps de temps. Par conséquent, plus l'angle d'incidence est grand, plus la lumière est réfractée. La loi de Snell-Descartes est une équation qui décrit ce comportement :

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$$

La loi de Snell-Descartes régit la relation entre quatre variables : la vitesse à laquelle la lumière traverse un matériau 1 (n_1), la vitesse à laquelle la lumière traverse un matériau 2 (n_2), l'angle d'incidence θ_i et l'angle de réfraction θ_r (**figure 4**).

L'angle d'incidence et l'angle de réfraction sont mesurés à partir d'une droite perpendiculaire à l'interface appelée ligne normale.

Il est important de souligner que selon la loi de Snell-Descartes, la vitesse de la lumière dans un matériau est calculée en fonction de la vitesse de la lumière dans le vide. En général, n se définit ainsi :

$$n_0 = \frac{c}{v_0}$$

où n_0 est l'indice de réfraction dans un matériau, c la vitesse de la lumière dans le vide, et v_0 , la vitesse de la lumière dans le matériau. L'indice de réfraction de l'air est d'environ 1,0003, ce qui signifie que dans l'air, la lumière voyage à :

$$\frac{c}{n_{\text{air}}} = \frac{c}{1.0003} = \frac{3.0 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.0003} = 2.981 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Dans le cadre de cette activité, les élèves devront calculer la vitesse de la lumière dans le JELL-O.

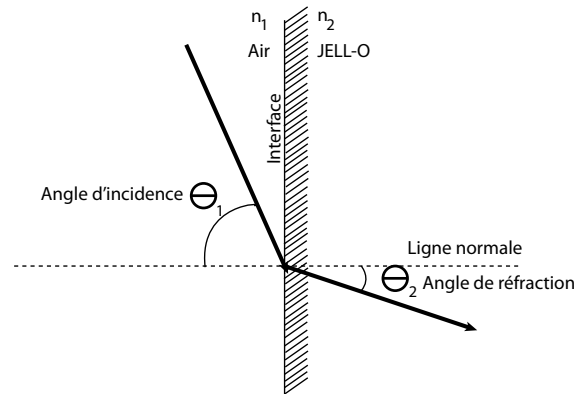


Figure 4

Autre application

Lorsque la lumière pénètre perpendiculairement dans un matériau, il n'y a pas de réfraction. Toutes les parties de l'onde lumineuse changent de vitesse en même temps. Reprenons l'exemple des roues et de l'essieu. Lorsque les deux roues tournent en même temps, l'essieu tourne selon une ligne droite. La loi de Snell-Descartes le démontre aussi. Si l'angle de réflexion est nul, alors $\sin(0)=0$.

$$\sin(0) \rightarrow n_1 \cdot 0 = 0 = n_2 \sin(\theta_2) \rightarrow \sin(\theta_2) = 0 \rightarrow \underline{\theta_2 = 0}$$

Lorsque la lumière passe d'un matériau ayant un indice de réfraction élevé à un autre matériau ayant un indice de réfraction inférieur, la lumière dévie-t-elle en direction de la ligne normale ou s'écarte-t-elle de cette ligne ?

Plutôt que de mémoriser une règle, on peut facilement trouver la réponse à cette question en comprenant le principe de la réfraction.

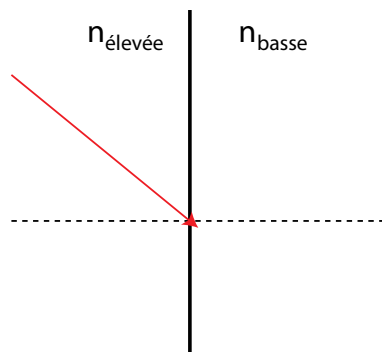


Figure 5

Lorsque le rayon frappe l'interface, la partie du rayon la plus près de la ligne normale traverse l'interface en premier (**figure 5**), et voyage par conséquent plus rapidement que la partie du rayon la plus éloignée de la ligne normale. La **figure 6** montre que la partie du rayon qui voyage le plus vite va aussi plus loin que l'autre partie du rayon. Il est évident que le rayon dévie vers le bas et, par conséquent, qu'il s'éloigne de la ligne normale (**figure 7**).

Une variante pourrait être un scénario selon lequel la lumière passerait d'un matériau ayant un faible indice de réfraction à un autre ayant un indice de réfraction élevé; le rayon lumineux pénétrerait dans l'interface en dessous de la ligne normale ou en se déplacerait de droite à gauche, et non le contraire. Essayer chacun de ces scénarios et déterminer si la lumière réfractée se rapproche ou s'écarte de la ligne normale.

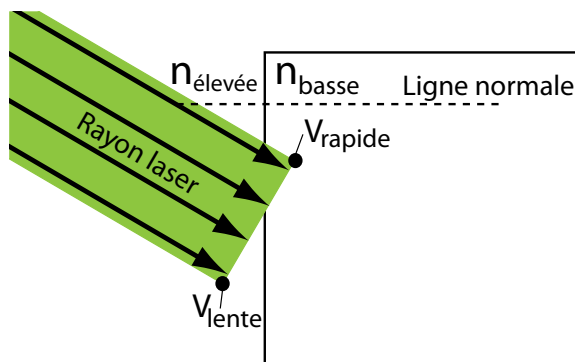


Figure 6

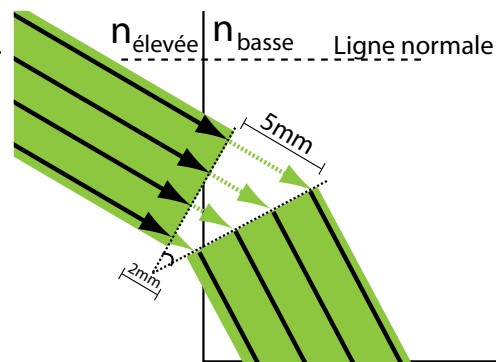


Figure 7

Absorption de la couleur

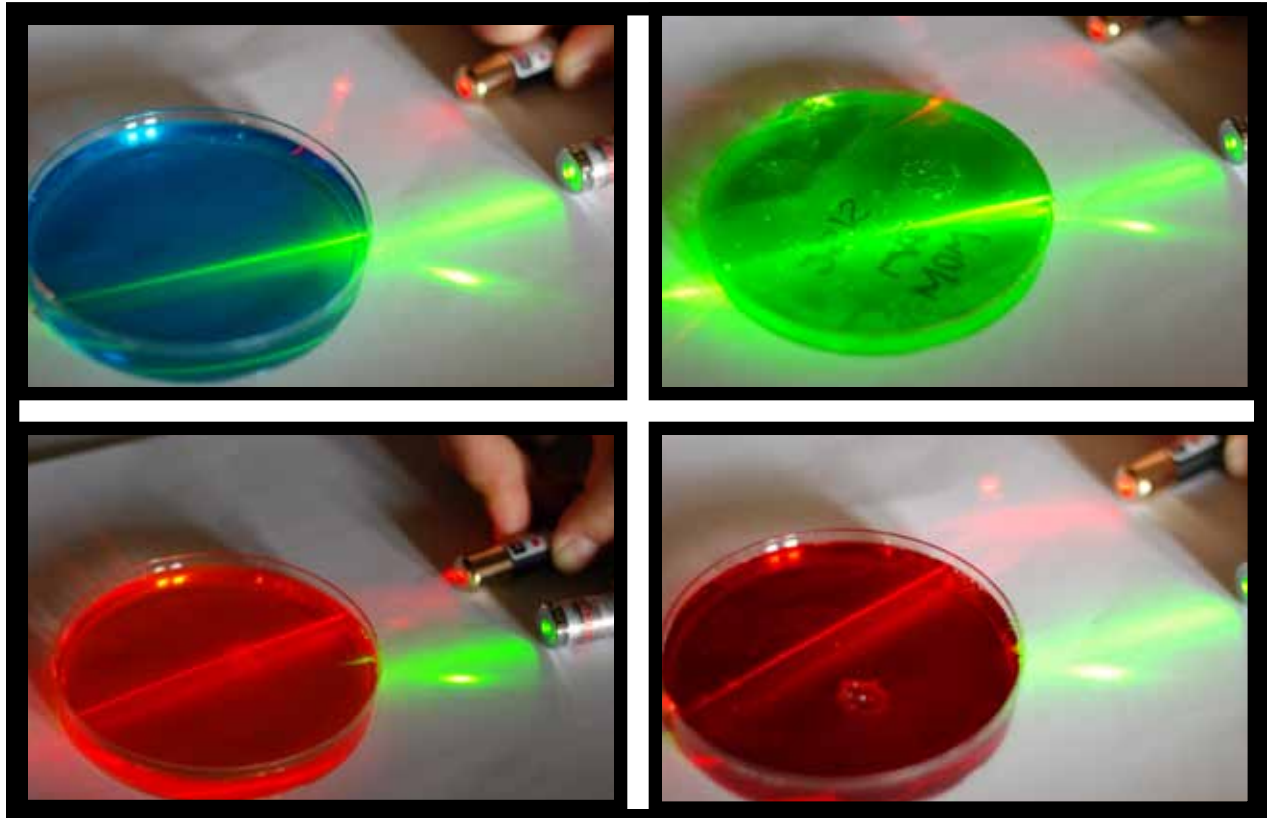


Figure 8

(Haut) Le laser vert traverse le JELL-O bleu (à gauche) et le JELL-O vert (à droite), tandis que le laser rouge est absorbé par ces couleurs.

(Bas) Le laser rouge traverse le JELL-O orange (à gauche) et le JELL-O rouge (à droite), tandis que le laser vert est absorbé par ces couleurs.

Les différentes couleurs de JELL-O réfléchissent différentes longueurs d'ondes de lumière : la longueur d'onde de lumière qu'un objet réfléchit et absorbe est ce qui donne la couleur à cet objet. Les objets verts réfléchissent la lumière verte et absorbent toutes les autres couleurs; les objets rouges réfléchissent la lumière rouge et absorbent toutes les autres couleurs et ainsi de suite, comme le montre le JELL-O (**figure 8**).

Équations

$$1) \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$2) n_1 = \frac{c}{v_1}$$

