

Sources lumineuses et lois de Snell-Descartes

Prérequis

Lois de Snell-Descartes. Notions de base sur les ondes lumineuses et leur propagation dans un milieu. Notions de base de géométrie concernant les angles.

Constantes utiles

- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 → constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Lois de Snell-Descartes

Entraînement 2.1 — Conversions d'angles.

Soit α_{rad} la mesure d'un angle en radians, α_{deg} sa mesure en degrés et α_{min} sa mesure en minutes d'angle.

a) Exprimer α_{rad} en fonction de α_{deg}

b) Exprimer α_{min} en fonction de α_{deg}

Entraînement 2.2 — Conversions d'angles — bis.

a) $\alpha = 35,65^\circ$. Exprimer α en degrés et en minutes d'angle.

b) $\beta = 98^\circ 15'$. Exprimer β en radians.

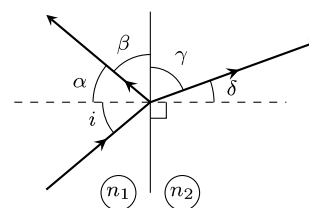
c) $\gamma = 1,053 \text{ rad}$. Exprimer γ en degrés et en minutes d'angle.

Entraînement 2.3 — Un rayon incident sur un dioptre.

On considère un rayon incident arrivant sur un dioptre séparant deux milieux d'indice respectif n_1 et n_2 .

Ce rayon fait un angle i avec la normale au dioptre.

Tous les angles figurant sur le schéma sont non orientés.



Exprimer chacun des angles suivants en fonction de i et/ou de n_1 et n_2 (en radians) :

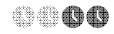
a) α

c) δ

b) β

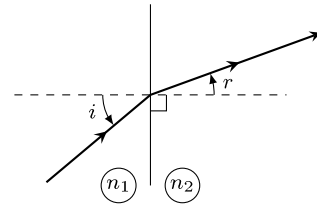
d) γ

Entraînement 2.4 — Un autre rayon incident sur un dioptre.



On considère un rayon incident arrivant sur un dioptre séparant deux milieux d'indice respectif n_1 et n_2 . Ce rayon fait un angle i avec la normale au dioptre alors que le rayon réfracté fait un angle r .

On donne $n_1 = 1,00$ et $n_2 = 1,45$.



a) Pour $i = 24,0^\circ$, que vaut r en degré?

b) Pour $i = 6,74 \times 10^{-1}$ rad, que vaut r en degré?

c) Pour $r = 15,0^\circ$, que vaut i en degré?

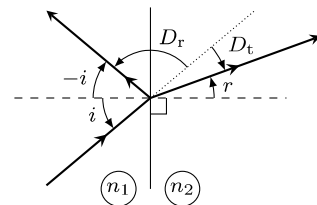
Entraînement 2.5 — Déviation introduite par un dioptre.



On considère un rayon incident arrivant sur un dioptre séparant deux milieux d'indice respectif n_1 et n_2 .

Les angles définis sur le schéma ci-contre sont tous orientés.

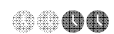
On définit D_r la déviation entre le rayon incident et le rayon réfléchi, et D_t la déviation entre le rayon incident et le rayon réfracté.



a) Exprimer D_t en fonction de i et r

b) Déterminer D_r

Entraînement 2.6 — Un peu de géométrie dans un prisme.

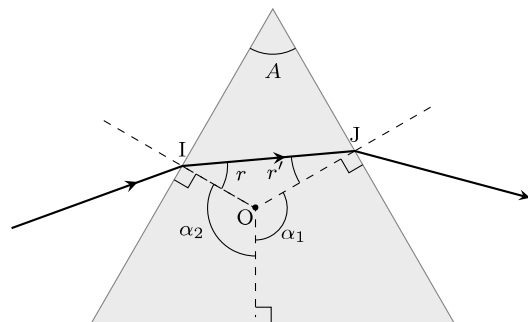


On considère un prisme d'angle au sommet A , représenté ci-contre suivant une de ses faces triangulaires.

Un rayon incident en I sur une face du prisme émerge en J .

On définit les angles α_1 , α_2 , r et r' sur le schéma.

Dans cet entraînement, les angles ne sont pas orientés.



On rappelle que la somme des angles dans un quadrilatère est égale à 2π .

a) Exprimer l'angle A en fonction de α_1 et α_2

b) Exprimer l'angle A en fonction de r et de r'

Autour des réflexions totales

Entraînement 2.7



On considère un dioptre séparant deux milieux d'indices respectifs $n_1 = 1,5$ et $n_2 = 1,3$. Un rayon lumineux arrive sur ce dioptre en formant un angle i par rapport à sa normale.

On rappelle qu'il y a réflexion totale si $\frac{n_1}{n_2} \sin(i) > 1$.

a) Pour $i = 44^\circ$, y a-t-il réflexion totale?

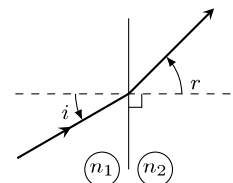
b) Donner, en degrés, l'angle i_ℓ tel qu'il y a réflexion totale si $i > i_\ell$

Entraînement 2.8



On considère un rayon lumineux incident sur le dioptre n_1/n_2 , faisant un angle i avec la normale à ce dioptre et le rayon réfracté un angle r .

On donne $n_1 = 1,37$ et on rappelle qu'il y a réflexion totale si $\frac{n_1}{n_2} \sin(i) > 1$.



a) Pour $i = 20,0^\circ$ et $r = 22,0^\circ$, que vaut n_2 ?

b) Pour $i = 60,0^\circ$, quelle est la valeur maximale de n_2 donnant lieu à une réflexion totale? ...

c) On suppose que $i = 40,0^\circ$. Peut-on observer un phénomène de réflexion totale?



Entraînement 2.9 — Condition de propagation dans une fibre optique.



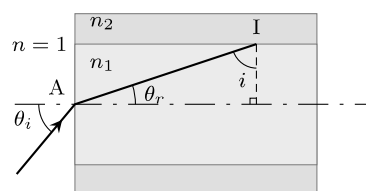
Un rayon lumineux arrive sur un dioptre séparant l'air d'un milieu d'indice n_1 au point A (voir schéma ci-contre). On a donc :

$$\sin(\theta_i) = n_1 \sin(\theta_r). \quad (1)$$

Le rayon se propagera dans la fibre à condition qu'il y ait réflexion totale au point I situé à l'intersection du rayon lumineux et du dioptre n_1/n_2 (avec $n_1 > n_2$).

On donne la relation correspondante :

$$\frac{n_1 \sin(i)}{n_2} > 1 \quad (2)$$



a) À l'aide de (1), exprimer $\cos(\theta_r)$ en fonction de n_1 et de $\sin(\theta_i)$

b) À quelle condition portant sur $\cos(\theta_r)$ équivaut (2)?

c) En déduire à quelle condition sur $\sin(\theta_i)$ équivaut (2).

Réponses mélangées

$60 \times \alpha_{\text{deg}}$	Non	$35^{\circ}39'$	$r - i$	Non	$\pi - 2i$	$\frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin(i)\right)$
$22,0^{\circ}$	i	$\frac{\pi}{180} \times \alpha_{\text{deg}}$	$16,3^{\circ}$	$r + r'$	60°	$25,5^{\circ}$
$\frac{\pi}{2} - i$	1,25	$\cos(\theta_r) > \frac{n_2}{n_1}$	$\arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin(i)\right)$			$\sqrt{1 - \frac{\sin^2(\theta_i)}{n_1^2}}$
$(\alpha_1 + \alpha_2) - \pi$		$\sin(\theta_i) < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$	$60^{\circ}20'$	1,18		1,715 rad

► Réponses et corrigés page 157