

Réflexion et réfraction

Cours de sciences physiques - niveau 2de

*Pourquoi une paille plongée dans un verre d'eau semble-t-elle cassée ? Pourquoi voit-on son visage dans une vitre sombre, mais pas dans une feuille de papier ? Dès qu'un faisceau de lumière arrive à la frontière entre deux milieux transparents, deux phénomènes se produisent : la **réflexion** et la **réfraction**. Par ailleurs, ce cours donne les lois qui les décrivent, avec les calculs qui permettent de prévoir la direction de la lumière.*

L'essentiel : La réflexion obéit à $(i_1 = i_1')$ et la réfraction à la loi de Snell-Descartes $(n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2)$, avec n l'indice du milieu, sans unité, $(n = \frac{c}{v})$. Un rayon passant de l'air ($n = 1,00$) à l'eau ($n = 1,33$) avec un angle d'incidence de 45° est réfracté à 32° .

De plus, ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

La réflexion et la réfraction : ce qu'on observe

Lorsqu'un rayon de lumière atteint la surface de séparation entre l'air et l'eau, une partie de la lumière est **renvoyée** dans l'air : c'est la réflexion. Puis le reste **pénètre dans l'eau**, mais en changeant de direction : c'est la réfraction. Ensuite, on observe la même chose sur une vitre, une lentille, un diamant ou une fibre optique. Selon l'angle d'arrivée et les milieux traversés, l'une ou l'autre de ces deux parties peut dominer.

Rayon lumineux, normale et angles

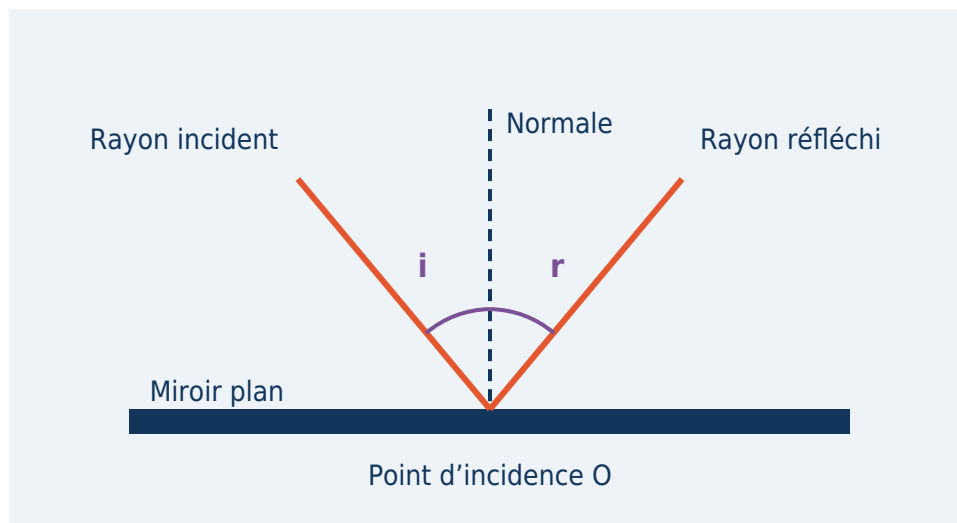
Donc, dans le modèle du rayon lumineux, la lumière se propage en ligne droite dans un milieu transparent et homogène. Puis pour décrire ce qui se passe à une interface, on trace la **normale**, perpendiculaire à la surface au **point d'incidence**. Tous les angles se mesurent **par rapport à la normale**, jamais par rapport à la surface.

VOCABULAIRE

Enfin, le **rayon incident** arrive sur la surface ; le **rayon réfléchi** repart dans le même milieu ; le **rayon réfracté** passe dans le second milieu. L'**angle d'incidence** i , l'**angle de réflexion** r et l'**angle de réfraction** i_2 sont mesurés entre chaque rayon et la normale. De plus, le **plan d'incidence** est le plan qui contient le rayon incident et la

normale.

La loi de la réflexion



Loi de la réflexion : le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence et $r = i$.

LOI

Ensuite, le rayon réfléchi appartient au plan d'incidence et l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.

$$r = i$$

Puis, sur un miroir ou une eau calme, la surface est très lisse : la réflexion est **spéculaire** et donne des images nettes. Sur une surface rugueuse comme une feuille de papier ou un mur, chaque petit morceau de surface a une orientation différente : la lumière est renvoyée dans toutes les directions, c'est la **diffusion**. Ensuite, on voit alors l'objet de n'importe où, mais sans image.

EXEMPLE

Ainsi, un rayon arrive sur un miroir plan en faisant un angle de 25° avec la surface du miroir. Par ailleurs, l'angle d'incidence vaut $i = 90^\circ - 25^\circ = \mathbf{65^\circ}$. Puis le rayon réfléchi fait donc aussi 65° avec la normale, et l'angle entre rayon incident et rayon réfléchi est $2 \times 65^\circ = \mathbf{130^\circ}$.

L'indice de réfraction d'un milieu

Par ailleurs, la lumière ne se propage pas à la même vitesse dans tous les milieux transparents. Ensuite, dans le vide, sa vitesse est une constante universelle : $c = 3,00 \times 10^8$ m/s (valeur arrondie à trois chiffres significatifs). Puis dans un milieu transparent, elle est plus petite. De plus, on caractérise ce ralentissement par l'**indice de réfraction** n du

milieu.

FORMULE À RETENIR

$n = c \div v$ avec c : vitesse de la lumière dans le vide (m/s), v : vitesse dans le milieu (m/s), n : sans unité, toujours $n \geq 1$.

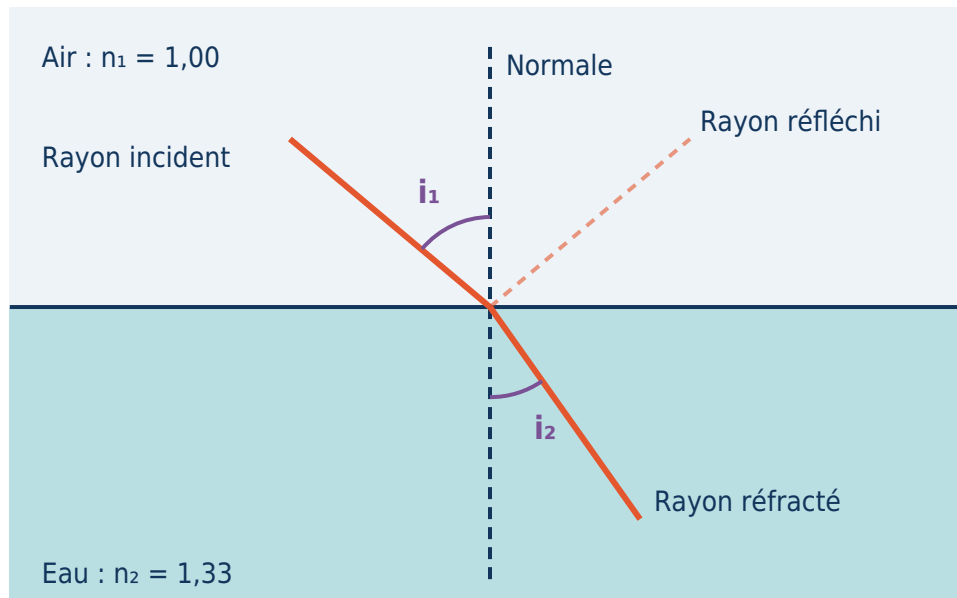
Milieu	Indice de réfraction n	Vitesse de la lumière v (m/s)
Vide	1 (par définition)	$3,00 \times 10^8$
Air	1,00 (1,0003)	$\approx 3,00 \times 10^8$
Eau	1,33	$2,26 \times 10^8$
Verre courant	1,50	$2,00 \times 10^8$
Diamant	2,42	$1,24 \times 10^8$

APPLICATION NUMÉRIQUE

Vitesse de la lumière dans l'eau : $v = c \div n = 3,00 \times 10^8 \div 1,33 = 2,26 \times 10^8$ m/s.
Ensuite, la lumière y va environ 25 % moins vite que dans le vide.

La loi de la réfraction de Snell-Descartes

De plus, quand la lumière passe d'un milieu d'indice n_1 à un milieu d'indice n_2 , le rayon réfracté reste dans le plan d'incidence et les angles sont reliés par une relation simple.



De l'air vers l'eau ($n_2 > n_1$), le rayon réfracté se rapproche de la normale : $i_2 < i_1$ (ici $i_1 = 50^\circ$ et $i_2 \approx 35^\circ$).

LOI DE SNELL-DESCARTES

$$n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2$$

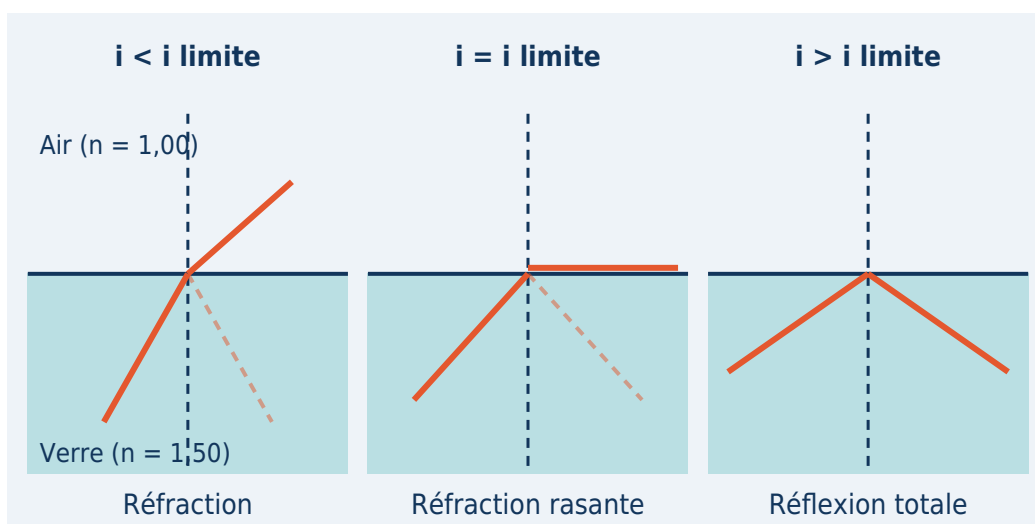
Donc, deux conséquences se déduisent de cette relation. Si $n_2 > n_1$, le rayon **se rapproche de la normale** ($i_2 < i_1$). Si $n_2 < n_1$, il **s'en écarte** ($i_2 > i_1$). Par ailleurs, un rayon qui arrive suivant la normale ($i_1 = 0^\circ$) n'est pas dévié, car $\sin 0^\circ = 0$.

EXEMPLE RÉSOLU

Enfin, un rayon passe de l'air ($n_1 = 1,00$) à l'eau ($n_2 = 1,33$) avec $i_1 = 40^\circ$. Puis on écrit $\sin i_2 = n_1 \times \sin i_1 \div n_2 = 1,00 \times 0,643 \div 1,33 = 0,483$. Donc $i_2 = \arcsin(0,483) = 29^\circ$. Ensuite, le rayon est bien rapproché de la normale.

La réflexion totale et l'angle limite

Passons maintenant d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent (du verre vers l'air, par exemple). Puis le rayon réfracté s'écarte de la normale. Quand l'angle d'incidence augmente, le rayon réfracté finit par raser la surface ($i_2 = 90^\circ$). Au-delà de cet **angle limite**, la relation de Snell-Descartes n'a plus de solution : il n'y a plus de rayon réfracté et toute la lumière est réfléchie.



Du verre vers l'air, l'angle limite est atteint quand le rayon réfracté longe la surface ($i_2 = 90^\circ$) ; au-delà, la réflexion est totale.

ANGLE LIMITE

$\sin i_{\text{lim}} = n_2 \div n_1$ (avec $n_1 > n_2$). De plus, la réflexion totale se produit si $n_1 > n_2$ et $i_1 > i_{\text{lim}}$.

EXEMPLE RÉSOLU

Du verre ($n_1 = 1,50$) vers l'air ($n_2 = 1,00$) : $\sin i_{\text{lim}} = 1,00 \div 1,50 = 0,667$, donc $i_{\text{lim}} = 41,8^\circ$. Ensuite, un rayon qui arrive avec 30° est réfracté : $\sin i_2 = 1,50 \times \sin 30^\circ = 0,750$, soit $i_2 = 48,6^\circ$. Avec 45° , on aurait $1,50 \times \sin 45^\circ = 1,06 > 1$: aucun rayon réfracté, la réflexion est totale.

Ensuite, cette propriété est utilisée dans les **fibres optiques** : la lumière, injectée dans un cœur de verre entouré d'une gaine d'indice un peu plus faible, rebondit sans perte sur les parois et peut être guidée sur de très longues distances, par exemple pour transmettre internet ou pour examiner l'intérieur du corps en médecine.

La dispersion de la lumière

L'indice d'un milieu dépend légèrement de la couleur de la lumière : dans le verre, n est un peu plus grand pour le violet que pour le rouge. À l'entrée d'un prisme, la lumière blanche est donc déviée différemment selon sa couleur et se décompose : c'est la **dispersion**. Par ailleurs, elle explique l'arc-en-ciel, où les gouttes d'eau jouent le rôle de petits prismes.

Les erreurs à éviter en réflexion et réfraction

ERREUR FRÉQUENTE

Mesurer l'angle par rapport à la surface au lieu de la normale. Puis dans la loi de Snell-Descartes, i_1 et i_2 sont toujours comptés depuis la normale.

ERREUR FRÉQUENTE

Croire que $n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2$ signifie que les angles sont proportionnels aux indices. Ensuite, ce sont les *sinus* qui sont reliés, pas les angles. Autre piège : calculer en radians sur la calculatrice au lieu de degrés.

POUR RETENIR

Puis, le rayon se rapproche toujours de la normale dans le milieu d'indice le plus *grand*. Et quand le sinus calculé dépasse 1, c'est qu'il n'y a pas de réfraction : réfléchis à la réflexion totale.

L'essentiel à retenir

- Les angles se mesurent par rapport à la normale ; $r = i$ pour la réflexion.
- L'indice de réfraction est $n = c \div v$, sans unité, avec $n \geq 1$; $c = 3,00 \times 10^8$ m/s.
- Loi de Snell-Descartes : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$.
- Dans le milieu le plus réfringent, le rayon se rapproche de la normale.
- Réflexion totale si $n_1 > n_2$ et $i_1 > i_{\text{lim}}$ avec $\sin i_{\text{lim}} = n_2 \div n_1$.
- La dispersion vient de la dépendance de n avec la couleur.

Tout le chapitre « Réflexion et réfraction de la lumière » en

seconde

- Les exercices : Réflexion et réfraction de la lumière
- Le corrigé des exercices : Réflexion et réfraction de la lumière
- Le TP : Réflexion et réfraction de la lumière
- Le corrigé du TP : Réflexion et réfraction de la lumière
- Le QCM : Réflexion et réfraction de la lumière
- Le contrôle : Réflexion et réfraction de la lumière
- Le corrigé du contrôle : Réflexion et réfraction de la lumière

Chapitre précédent : Lumière et spectres d'émission (cours)

Chapitre suivant : Lentilles minces convergentes et images (cours)

Retrouve aussi tous les cours de sciences physiques en seconde et le programme complet de sciences physiques en seconde.