

Confiner la lumière

ULB – Faculté des Sciences – Département de Physique

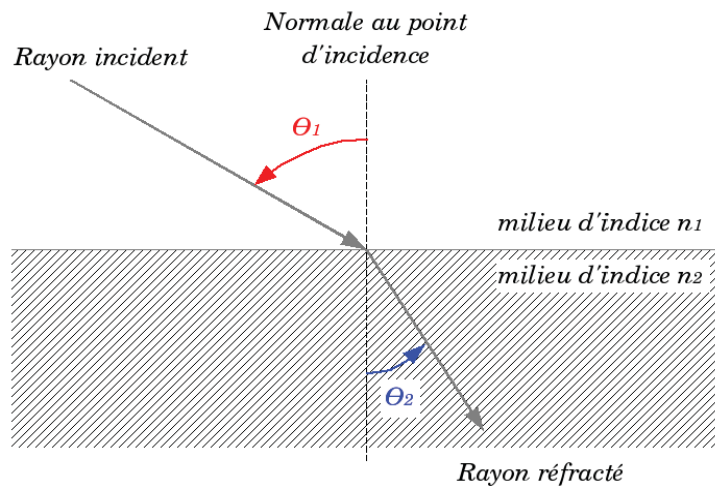
ISTA Ozzy et DELATTRE Damien

Nous nous sommes demandé comment faire pour confiner de la lumière dans des matériaux afin d'obtenir un objet similaire aux épées laser utilisées pour le tournage des films « Star Wars » tout en utilisant réellement un laser. Plusieurs phénomènes physiques peuvent être utilisés afin de créer un objet tel que celui que nous voulions mais la réflexion interne totale est le phénomène le plus impressionnant visuellement et c'est donc celui que nous avons choisi d'exploiter.

Notre expérience consiste à mesurer l'indice de réfraction de différents matériaux en utilisant la réflexion interne totale. Pour cela, nous avons besoin de notions d'optique telles que la loi de Snell-Descartes pour la réfraction

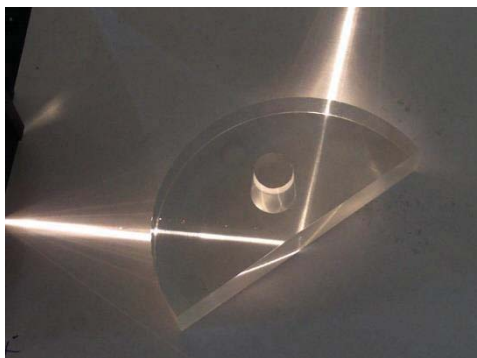
$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

Où n_1 et n_2 sont les indices de réfraction des deux milieux différents et θ_1 et θ_2 sont les angles des rayons lumineux tels qu'illustré sur le schéma ci-dessous.



Nous expliquons les conséquences de cette loi, notamment l'angle limite lorsque $n_1 > n_2$ et $\theta_1 < \theta_2$. Ce qui est la condition nécessaire pour obtenir la réflexion interne totale lorsque θ_2 atteint une valeur de 90 degrés.

Notre expérience consiste à envoyer un rayon laser dans un objet de sorte à ce que le rayon soit dirigé vers la surface de l'objet.



En faisant varier l'angle entre le rayon lumineux et la surface de l'objet nous trouvons l'angle limite de notre matériau. Alors nous pouvons trouver l'indice de réfraction de notre objet grâce à la loi de Snell-Descartes.

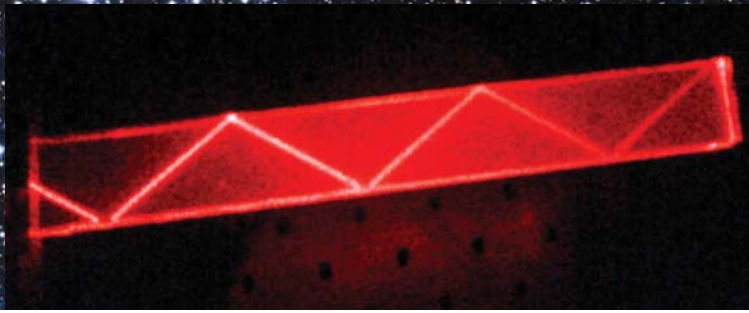
$$n_{\text{objet}} \sin(\theta_{\text{limite}}) = n_{\text{air}} \sin(90) = n_{\text{air}}$$

Or nous savons que $n_{\text{air}} \approx 1$ et nous pouvons mesurer l'angle θ_{limite} . Nous avons donc

$$n_{\text{objet}} = \frac{1}{\sin(\theta_{\text{limite}})}$$

Nous expliquons la notion de spectre de la lumière et l'influence de la longueur d'onde d'un rayon lumineux sur la réfraction et nous parlons aussi d'une application de la réflexion interne totale, la fibre optique.

Source : <https://fr.wikipedia.org>



Confiner la lumière

DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE

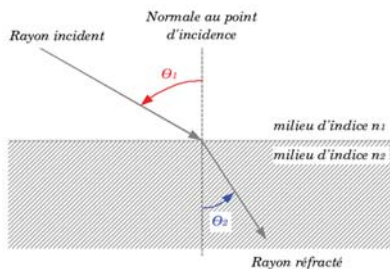
Damien DELATTRE, Ozzy ISTA

La réfraction

Loi de Snell-Descartes

Le phénomène de réfraction de la lumière intervient lorsqu'on observe un objet dans deux milieux différents. Il se traduit par un changement de l'orientation apparente de l'objet dans les différents milieux. Par l'expérimentation, certaines lois d'optique sont bien connues. Notamment, dans le cas énoncé précédemment de la déviation d'un rayon lumineux qui passe d'un milieu dans un autre. Il existe une proportionnalité entre les deux milieux d'une constante propre à chaque milieu et de l'angle du rayon lumineux avec la surface qui sépare les deux milieux. Cette loi a été formalisée par Snell et Descartes et est donnée par :

$$n_1 \cdot \sin(\theta_1) = n_2 \cdot \sin(\theta_2)$$



Où n_1 et n_2 sont des constantes liées au milieu de propagation de la lumière. Ces constantes sont appelées « indice de réfraction ». θ_1 est un angle par rapport à la frontière dans le milieu d'indice n_1 et θ_2 est un angle par rapport à la frontière dans le milieu d'indice n_2 .

L'indice de réfraction d'un milieu exprime sa capacité à « ralentir » la lumière et est défini comme

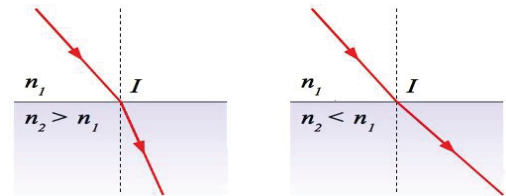
$$n = \frac{c}{v}$$

Où n est l'indice de réfraction du milieu considéré, c est la vitesse de la lumière dans le vide et v est la vitesse de la lumière dans le milieu d'indice de réfraction n .

Réflexion interne totale

Deux cas de réfraction

Comme il est illustré sur la figure ci-dessous, il ya deux possibilités. Soit $n_2 > n_1$ (à gauche), soit $n_2 < n_1$ (à droite),



Dans le cas de gauche ($n_2 > n_1$), l'angle du rayon réfracté est plus petit. Le rayon réfracté est plus « loin » de la frontière entre les deux milieux ($\theta_1 > \theta_2$). Alors que dans l'autre cas ($n_2 < n_1$), l'angle du rayon réfracté est plus grand ($\theta_1 < \theta_2$).

Angle limite

Lorsqu'on augmente l'angle θ_1 du rayon lumineux incident, l'angle θ_2 du rayon réfracté augmente aussi. Or dans le cas $n_1 > n_2$, on a que $\theta_1 < \theta_2$. Ceci implique que pour une certaine valeur limite de θ_1 , l'angle θ_2 vaut 90 degrés. A partir de ces valeurs, le rayon lumineux n'est plus réfracté mais est complètement réfléchi dans le milieu d'où il vient, C'est la réflexion interne totale. C'est le phénomène que nous utilisons pour confiner la lumière dans un milieu.



Confiner la lumière

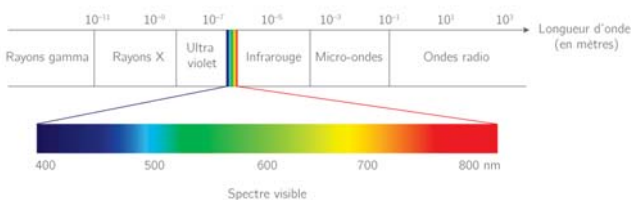
DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE

Damien DELATTRE, Ozzy ISTA

Spectre de la lumière

Décomposition de la lumière

En général, la lumière n'est pas composée que d'une seule couleur mais en contient plusieurs. Il est possible de séparer les couleurs qui composent la lumière pour faire apparaître son « spectre ».



Si on considère la lumière comme étant une onde électromagnétique, elle peut être caractérisée par sa longueur d'onde. Le spectre électromagnétique est l'ensemble de tous les rayonnements électromagnétiques possible classés par longueur d'onde. Le spectre de la lumière visible est une petite partie du spectre électromagnétique, c'est l'ensemble des longueurs d'ondes visibles par l'homme. A chaque longueur d'onde du spectre visible correspond une couleur. Il est également possible d'expliquer des phénomènes tels que la réfraction ou la réflexion interne totale en considérant la lumière comme une onde électromagnétique.

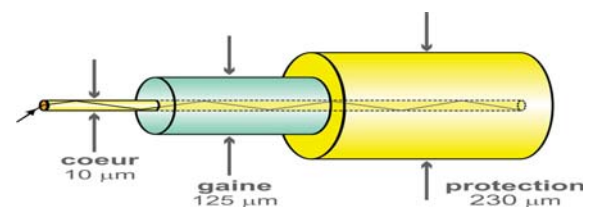
Influence sur la réfraction

L'indice de réfraction d'un milieu dispersif change légèrement en fonction de la longueur d'onde du rayon lumineux incident. Ceci est dû au fait que les longueurs d'ondes du spectre de la lumière visible ne se déplacent pas à la même vitesse dans ce type de milieux. C'est grâce à cet effet de dispersion et à la réfraction qu'il est possible de décomposer la lumière dans un prisme.

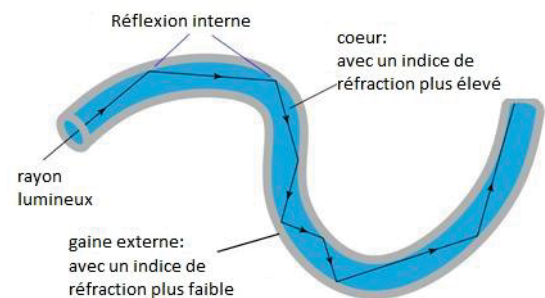
Application

Fibre optique

La fibre optique est un câble qui transmet un signal lumineux en gardant la lumière confinée par la réflexion interne totale. Elle est constituée d'un cœur entouré par une gaine et d'une protection.



Le cœur de la fibre optique doit avoir un indice de réfraction plus grand que celui de la gaine et les rayons lumineux doivent entrer dans la fibre avec une orientation précise pour que la réflexion interne totale se produise et que le signal lumineux puisse être transmis d'une extrémité à l'autre de la fibre optique.



Les domaines d'applications de la fibre optique sont très vastes. La fibre optique est utilisée en télécommunication, dans les réseaux informatiques locaux et en médecine.

La fibre optique présente l'avantage d'avoir une atténuation du signal très faible et un débit de transmission des données élevé par rapport aux autres moyens de transmission.