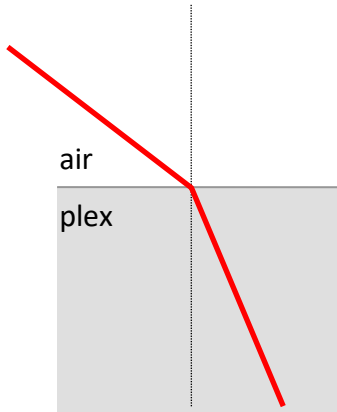


Réfraction et dispersion de la lumière avec un prisme

Problème n° 1 : En utilisant la loi de Descartes on cherche à expliquer pourquoi la lumière est déviée par un prisme

Rappel du cours : Énoncé de la loi de Descartes



dorénavant, pour se repérer, on appellera :

i : angle d'incidence

r : angle de réfraction

René DESCARTES, Philosophe et savant français (1596-1650)

On lui attribue la loi de la réfraction (1637) qui fait intervenir le sinus de l'angle d'incidence ($\sin i$) et le sinus de l'angle de réfraction ($\sin r$). Cette loi affirme que dans le cas du passage de la lumière de l'air au plexiglas,

$$n_{\text{air}} \cdot \sin i = n_{\text{plex}} \cdot \sin r$$

On sait que $n_{\text{air}} = 1,0$ et $v_{\text{vide}} = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

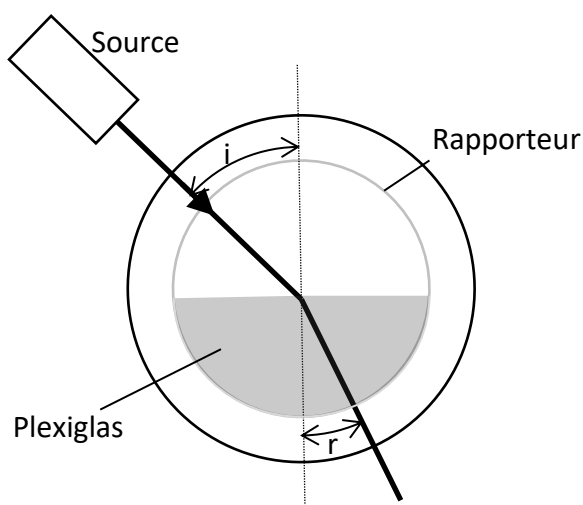
1. Hypothèse :

D'après l'étude menée en cours, puisque la lumière est déviée lors du passage de l'air au plexiglas, que peut-on supposer à propos des vitesses de propagation de la lumière dans l'air et dans le plexiglas ?

Le rayon se rapproche de la normale. On peut supposer que la lumière ralentit lorsqu'elle arrive dans le plexiglas.

Le but de cette partie est de déterminer v_{air} et v_{plex} .

2. Protocole et mesures :



Déplacer l'ensemble plexiglas rapporteur de façon à ce que l'angle d'incidence varie de 0° à 80° (de 10 en 10).

Relever dans le tableau ci-dessous l'angle de réfraction r pour chaque angle d'incidence i puis calculer le rapport demandé.

Précaution : Le faisceau doit arriver au centre du rapporteur lorsqu'il atteint l'interface des deux milieux (surface de séparation entre les deux milieux)

Tableau de mesures :

i ($^\circ$)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
r ($^\circ$)	0	7	13	19	25	31	35	39	41

$\frac{\sin i}{\sin r}$	-	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
-------------------------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

3. Exploitation des mesures :

- a. Commenter le résultat obtenu pour la valeur du rapport $\frac{\sin i}{\sin r}$.

Le rapport $\frac{\sin i}{\sin r}$ est constant et égal à 1,5

- b. A partir de la loi proposée par Descartes proposer une expression de n_{plex} en fonction de n_{air} , $\sin i$ et $\sin r$; calculer n_{plex} en utilisant la valeur moyenne du rapport $\frac{\sin i}{\sin r}$ déterminé expérimentalement.

A partir de la loi de Descartes :

$$n_{air} \cdot \sin i = n_{plex} \cdot \sin r$$

on peut donc écrire $\frac{n_{plex}}{n_{air}} = \frac{\sin i}{\sin r}$ ou encore : $n_{plex} = \frac{\sin i}{\sin r} \times n_{air}$

L'expérience a montré que $\frac{\sin i}{\sin r} = 1,5$ et on a $n_{air}=1,0$ d'après l'énoncé.

On a donc : $n_{plex} = 1,5$

- a. On rappelle que $v_{milieu} = \frac{v_{vide}}{n_{milieu}}$ où n_{milieu} est l'indice du milieu. Calculer les vitesses de la lumière dans l'air et dans le plexiglas.

$$v_{air} = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_{plex} = 3,0 \times 10^8 / 1,5 = 2,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

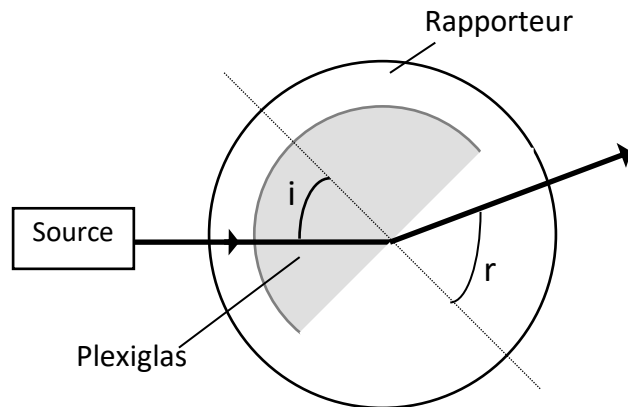
- b. L'hypothèse est-elle vérifiée ?

La vitesse dans le plexiglas est bien inférieure à celle dans l'air. Le rayon se rapproche bien de la normale.

Problème n°2 : comment une fibre optique guide-t-elle la lumière ?

On étudie maintenant le passage du plexiglas à l'air :

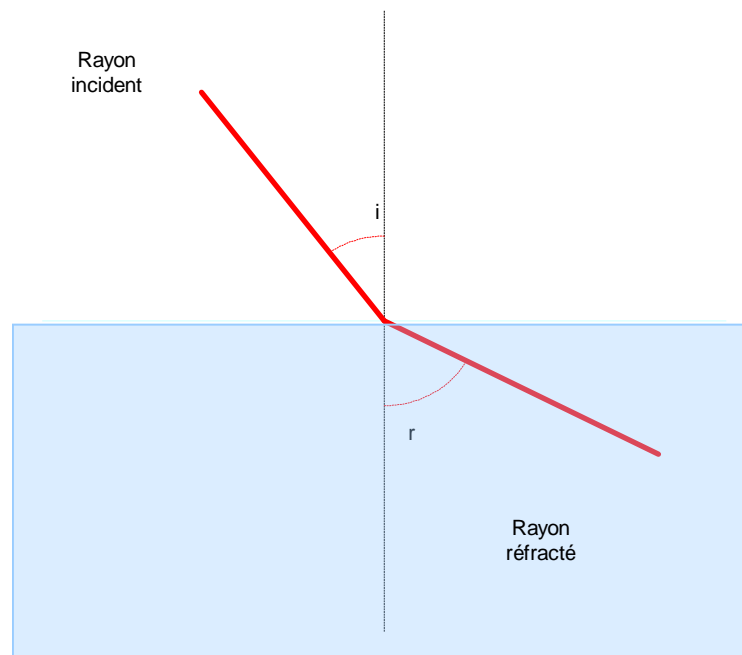
1. Dispositif expérimental et mesures :



2. Marche du rayon réfracté.

- a. Qu'arrive-t-il au rayon de lumière lorsqu'il passe du Plexiglas à l'air, lorsque l'angle d'incidence i est inférieur à 40° ?

Compléter le schéma, sans respecter la valeur de l'angle, en indiquant si le rayon s'écarte ou s'éloigne de la normale.

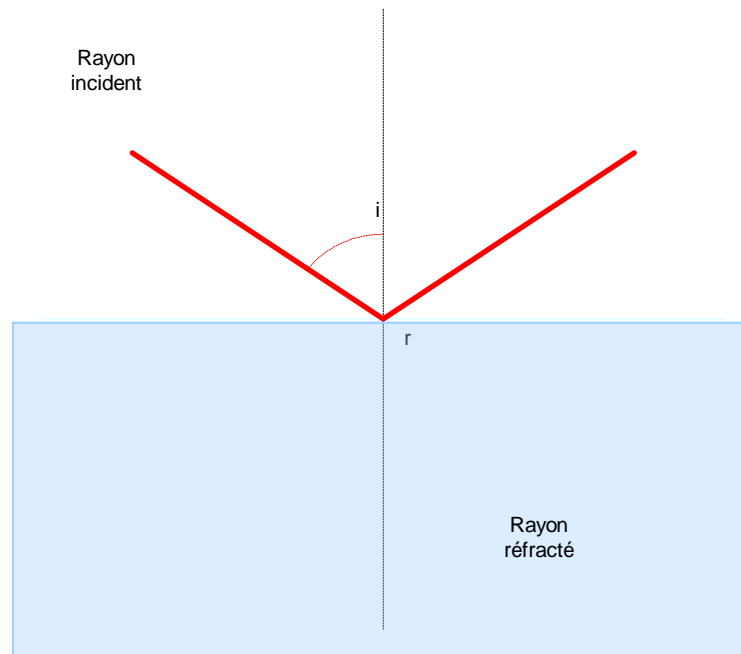


Le rayon réfracté s'éloigne de la normale

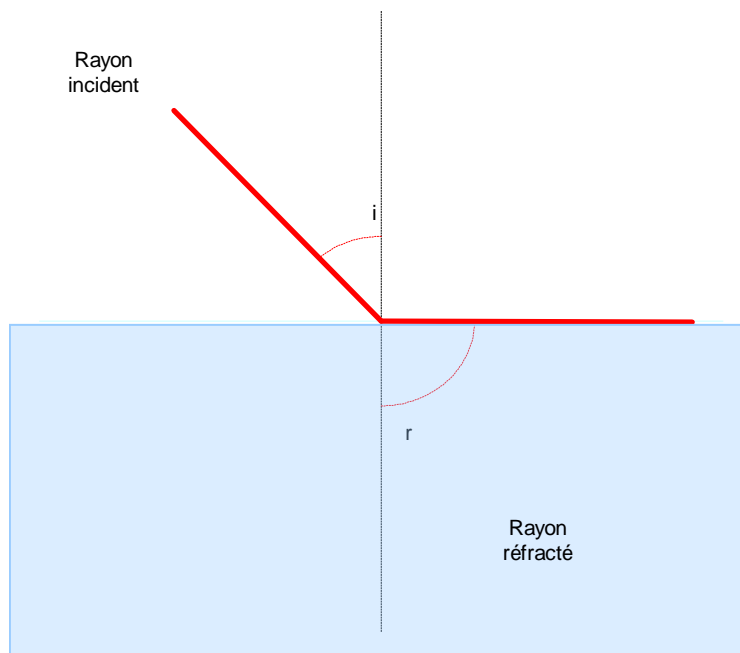
- b. Lorsque l'angle d'incidence i est supérieur à 45° , existe-t-il un rayon réfracté ? Pourquoi parle-t-on de réflexion totale ?

Dessiner sur le schéma la situation correspondante.

Le rayon n'est plus réfracté, la lumière est totalement réfléchie. C'est le phénomène de réflexion totale.



- c. Qu'arrive-t-il au rayon de lumière lorsque i vaut exactement $41,8^\circ$?
 Quelle est alors l'angle de réfraction du rayon réfracté ?
 Compléter le schéma correspondant à ce cas limite.



Le rayon est réfracté avec un angle $r_{\max} = 90^\circ$.

$i_L = 41,8^\circ$ est l'angle limite de réfraction : tous les rayons qui arrivent un angle d'incidence i tel que $i > i_L$ subissent une réflexion totale.

- d. Conclusion : dans quelle(s) condition(s) peut-on observer le phénomène de réflexion totale ?

Conditions pour obtenir une réflexion totale :

- La lumière accélère lors du changement de milieu
- L'angle d'incidence i doit être supérieur à l'angle limite d'incidence i_L

3. Principe de la fibre optique :

La fibroscopie est un examen médical permettant de visualiser l'intérieur du corps. Cette technique consiste à y introduire par les voies naturelles un tube souple extra-fin appelé fibroscope. Il s'agit d'un endoscope souple constitué de fibres optiques, avec une source de lumière et un système de visualisation (caméra).

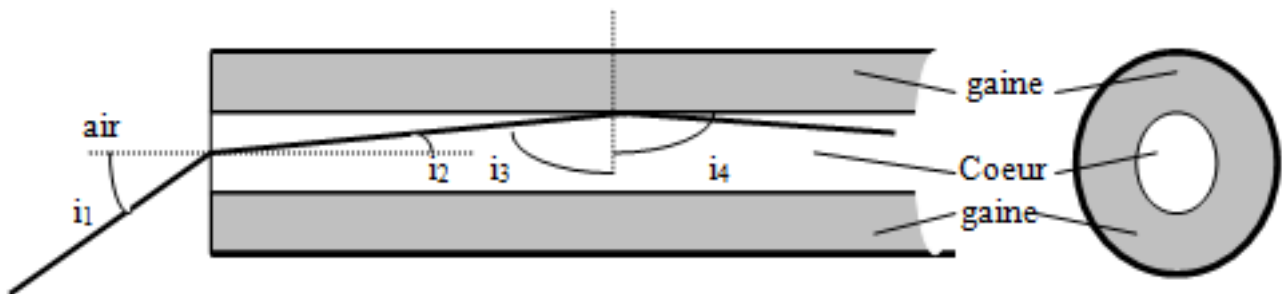
La lumière se propage en ligne droite. On se pose la question de savoir comment se propage la lumière dans la fibre optique, même lorsque celle-ci est courbée ?

http://www.youtube.com/watch?v=0MwMkBET_5I

<http://www.youtube.com/watch?v=Dvm0ihJDTdo>

Une fibre optique à saut d'indice est constituée de deux verres d'indice de réfraction très voisins, mais légèrement différents l'un de l'autre: dans la partie centrale, ou cœur, l'indice est $n_c = 1,52$ et dans la partie périphérique, ou gaine, l'indice est $n_g = 1,48$. On rappelle que $n_{air}=1,00$.

Remarque : avant de commencer les calculs, assurez-vous que votre calculette est en mode degré !



Un rayon lumineux pénètre dans la fibre optique avec l'angle d'incidence $i_1=20^\circ$.

- a. Exprimer la loi de Descartes pour le cas de la réfraction d'un rayon qui passerait de l'air au cœur de la fibre.

En déduire la valeur de l'angle de réfraction i_2 correspondant pour le rayon qui arrive avec un angle d'incidence $i_1=20^\circ$.

Loi de Descartes : $n_{air} \cdot \sin i_1 = n_{cœur} \cdot \sin i_2$

d'où $\sin i_2 = \frac{(n_{air} \cdot \sin i_1)}{n_{cœur}}$

A.N. $\sin i_2 = \frac{(1,00 \times \sin 20)}{1,52} = 0,225$

$i_2 = \arcsin(0,225) = 13^\circ$

- b. En déduire la valeur de l'angle d'incidence i_3 du rayon qui arrive à la surface cœur/gaine (Rappel mathématique : la somme des angles d'un triangle est égale à 180°).

$$i_3 = 180 - 90 - i_2 = 77^\circ$$

- c. Exprimer la loi de Descartes pour le cas de la réfraction d'un rayon qui passerait du cœur à la gaine de la fibre.

Loi de Descartes : $n_{cœur} \cdot \sin i_3 = n_{gaine} \cdot \sin r$

- d. Quel est l'angle i_L limite au-delà duquel il n'existe plus de réfraction à l'interface cœur/ gaine ? (on rappelle que l'angle r_{\max} aurait alors la valeur 90°).

Loi de Descartes pour l'angle limite : $n_{\text{cœur}} \cdot \sin i_L = n_{\text{gaine}} \cdot \sin 90$

$$\sin i_L = \frac{(1,48 \times \sin 90)}{1,52} = 0,973$$

$$i_L = \arcsin(0,973) = 96,6^\circ$$

On constate que i_3 calculé dans la question b est supérieur à i_L . En conséquence, le rayon est entièrement réfléchi. La lumière est donc guidée par la fibre optique.

- e. Calculer l'angle i_3 pour un rayon qui entrerait dans la fibre optique avec un angle $i_1=30^\circ$.
Conclure quant à la suite du trajet de ce rayon.

Valeurs obtenues pour $i_1 = 30^\circ$: $i_2 = 19,2^\circ$ $i_3 = 70,8^\circ$

Cette fois $i_3 < i_L$: il y a réfraction et le rayon de lumière sort du cœur de la fibre optique.