

LA PHYSIQUE DE LA FIBROSCOPIE

CONTEXTE DU SUJET :

La fibroscopie (également appelée endoscopie) est une technique d'imagerie médicale qui permet d'observer l'intérieur du corps avec une caméra couplée à une fibre optique. Elle permet l'exploration de nombreux organes comme l'intestin, l'estomac, les cordes vocales, etc.

Un fibroscope est constitué de milliers de fibres optiques, petits cylindres de verre non rigides dont le diamètre est inférieur à 10 µm.

Certaines des fibres "apportent" la lumière pour éclairer la zone à observer, tandis que les autres transportent en retour l'image de la zone observée pour qu'elle puisse être étudiée par le médecin.

Alors que la fibre optique est constituée de matériaux transparents comment la lumière y reste-t-elle piégée ?



NE JAMAIS REGARDER LE FAISCEAU LASER DIRECTEMENT :

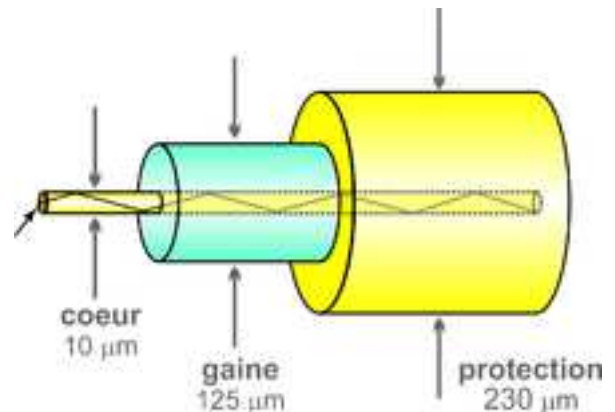
il peut entraîner une destruction irréversible des cellules rétinienne.

L'exposition prolongée de la peau au faisceau laser peut également provoquer des brûlures.

Document 1 : Structure d'une fibre optique

La fibre optique est un guide d'onde qui exploite les propriétés réfractrices de la lumière. Elle est habituellement constituée d'un cœur entouré d'une gaine.

Le cœur de la fibre a un indice de réfraction légèrement plus élevé que la gaine et peut donc confiner la lumière qui se trouve entièrement réfléchi de multiples fois à l'interface entre les deux matériaux (en raison du phénomène de réflexion totale). L'ensemble est généralement recouvert d'une gaine plastique de protection.



Lorsqu'un rayon lumineux entre dans une fibre optique à l'une de ses extrémités avec un angle adéquat, il subit de multiples réflexions totales internes. Ce rayon se propage alors jusqu'à l'autre extrémité de la fibre optique sans perte, en empruntant un parcours en zigzag. La propagation de la lumière dans la fibre peut se faire avec très peu de pertes même lorsque la fibre est courbée.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Fibre_optique

Document 2 : Indices de réfraction de différents milieux transparents

Chaque milieu transparent peut être caractérisé par un indice de réfraction n , défini par le quotient

$n = \frac{c}{v}$ où c est la vitesse de la lumière dans le vide et v sa vitesse dans le milieu transparent.

milieu	vide	air	eau	plexiglas	verre	diamant
Indice n	1,0	1,0	1,3	1,5	1,5 à 1,7	2,4

Document 3 : Les lois de Snell-Descartes

Lorsque la lumière traverse successivement deux milieux transparents différents, sa direction de propagation change au niveau de la surface de séparation entre les deux milieux. Ce phénomène est appelé la réfraction de la lumière. Dans la première moitié du 17^{ème} siècle l'anglais Snell et le français Descartes établissent indépendamment les lois qui portent aujourd'hui leurs noms.

Première loi : le rayon réfracté est dans le plan d'incidence.

Deuxième loi : l'angle d'incidence i et l'angle de réfraction r sont liés par la relation suivante :

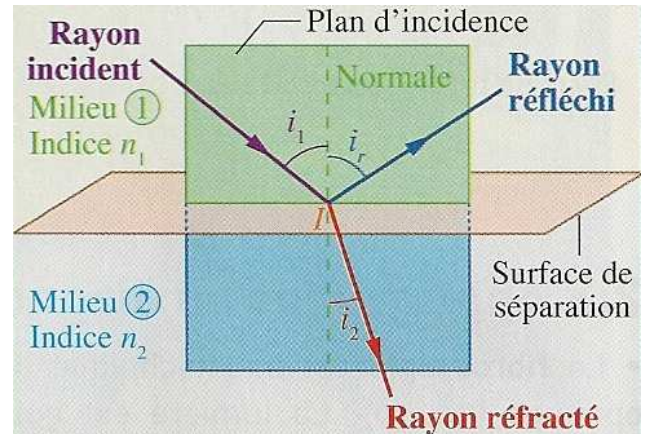
$$n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$$

où : n_1 est l'indice de réfraction du milieu 1

n_2 est l'indice de réfraction du milieu 2

i_1 est l'angle d'incidence

i_2 est l'angle de réfraction



Remarques :

- la normale est la droite perpendiculaire à la surface de séparation au point I, appelé point d'incidence,
- le plan d'incidence contient la normale N et le rayon incident.

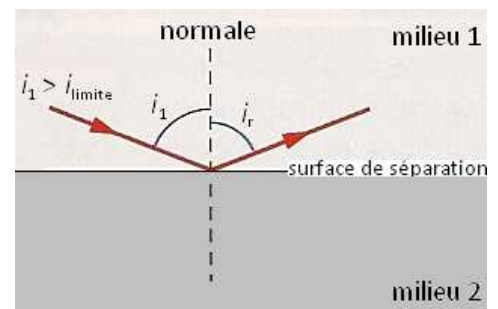
Document 4 : La réflexion totale

Dans certains cas, il n'y a pas de rayon réfracté, on dit qu'il y a **réflexion totale**.

Ce phénomène est observable à deux conditions :

- l'indice du milieu 1 doit être supérieur à celui du milieu 2 ($n_1 > n_2$)
- l'angle d'incidence doit être supérieur à un angle limite :

$$\sin(i_{\text{limite}}) = \frac{n_2}{n_1} \text{ donc } i_{\text{limite}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$



TRAVAIL À EFFECTUER

S'APPROPRIER

- Vous disposez d'une fine bandelette en gelée. Celle-ci est assez fragile, manipulez-la avec soin.
À l'aide du laser qui est à votre disposition, visualisez le trajet de la lumière dans la bandelette.

Schématisez vos observations pour différentes formes de la bandelette :

- Pourquoi peut-on parler de « fibre optique en gelée » ?

3. Quel est le phénomène physique qui empêche la lumière de sortir de la bandelette ?

4. La gelée est un gel, c'est à dire un réseau qui de part sa structure emprisonne un liquide. Les propriétés optiques de ce gel sont proches de celui du liquide emprisonné, ici l'eau.
Quels sont les matériaux qui jouent le rôle de cœur et celui de gaine pour la bandelette ? Combien valent leurs indices. La condition pour qu'il y ait des réflexions totales est-elle vérifiée ?

RÉALISER

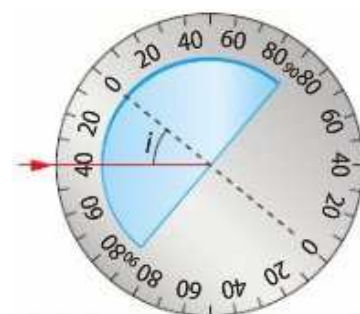
L'objectif de cette manipulation est de vérifier les lois de Snell-Descartes.

Vous disposez d'un dispositif constitué d'un demi-cylindre en plexiglas posé sur un disque permettant de mesurer les angles d'incidence et de réfraction d'un rayon lumineux changeant de milieu de propagation. Le rayon peut passer de l'air vers le plexiglas ou du plexiglas vers l'air.

Nous allons ici nous intéresser au cas où le rayon lumineux passe du plexiglas vers l'air, il s'agit donc de configurer le dispositif expérimental comme sur la figure suivante :

5. Compléter le tableau :

i_1 (°)	i_2 (°)	$n_{\text{plexiglas}} \times \sin(i_1)$	$n_{\text{air}} \times \sin(i_2)$
0			
10			
20			
30			
40			



6. Les lois de Snell-Descartes sont-elles vérifiées ?

7. Quel est l'angle limite de réfraction ?

8. En utilisant le document 4, retrouver la valeur de cet angle limite de réfraction par un calcul.

COMMUNIQUER

9. Rédigez un commentaire argumenté qui explique comment la lumière se propage en restant confinée dans le cœur d'une fibre optique. Pour étayer votre argumentation vous expliquerez d'abord pourquoi la lumière pénètre dans la fibre puis pourquoi elle ne peut pas en ressortir latéralement.

10. Complétez le trajet de la lumière sur le schéma ci-dessous.
Calculez la valeur des angles i_2 et i_3 . Vous vérifierez que l'angle i_3 est bien supérieur à l'angle limite de réfraction.
Données : les indices du cœur et de la gaine de cette fibre sont : $n_{\text{cœur}} = 1,52$ et $n_{\text{gaine}} = 1,41$.

