

Séquence n° 5 : L'endoscopie :

Un peu d'histoire pour introduire l'endoscopie

À l'époque des Grecs anciens le phénomène du transport de la lumière dans des cylindres de verre était déjà connu. Il était, semble-t-il, mis à profit par les artisans du verre pour créer des pièces décoratives.

La première démonstration scientifique du principe de la réflexion totale interne fut faite par les physiciens français Jean-Daniel Colladon et Jacques Babinet à Paris au début des années 1840. À l'époque, l'idée de courber la trajectoire de la lumière, de quelque façon que ce soit, était révolutionnaire puisque les scientifiques considéraient que la lumière voyageait seulement en ligne droite. Leur démonstration consistait à guider la lumière dans un jet d'eau déversé d'un trou à la base d'un réservoir. En injectant de la lumière dans ce jet, celle-ci suivait bien la courbure du jet d'eau, démontrant ainsi qu'elle pouvait être déviée de sa trajectoire rectiligne. Ils purent de cette manière démontrer le principe qui est à la base de la **fibre optique** . Par la suite, de nombreuses inventions utilisant le principe de la réflexion totale interne virent le jour ; comme les fontaines lumineuses ou des systèmes servant à transporter la lumière dans des cavités du corps humain.

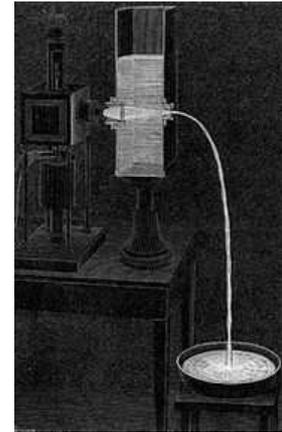


Illustration provenant d'un article de La nature de 1884 par Jean-Daniel Colladon.



Fontaine lumineuse

L'endoscopie :

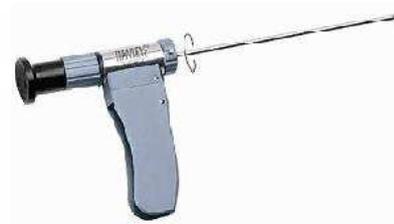
C'est ainsi que la première application fructueuse de la fibre optique eut lieu au début des années 1950, quand le **fibroscope flexible** fut découvert par van Heel et Hopkins. Cet appareil permettait la transmission d'une image le long de fibres en verre. Il fut spécifiquement utilisé en **endoscopie** , pour observer l'intérieur du corps humain permettant soit la visualisation d'opérations chirurgicales intrusives ou simplement l'observation.

Les premiers endoscopes dataient de 1852, mais ils étaient uniquement rigides. Ils étaient utilisés en urologie (Domaine de la médecine qui s'applique aux reins, aux voies urinaires des hommes et des femmes, et au système reproducteur masculin).

Les plus performants utilisent maintenant une mini caméra et sont connectés à un écran vidéo. Ils peuvent être équipés de pinces afin de réaliser des prélèvements pour une analyse en laboratoire. Un système de commande permet à l'extrémité de l'endoscope de pivoter pour aider la progression.



endoscope souple



endoscope rigide

Il existe différents types d'endoscopies :

La fibroscopie oeso-gastro-duodénale (FOGD) : Son principe consiste à explorer la paroi interne (muqueuse) de la partie supérieure du tube digestif : œsophage, estomac et duodénum (toute première portion du petit intestin) à l'aide d'un endoscope introduit par la bouche.

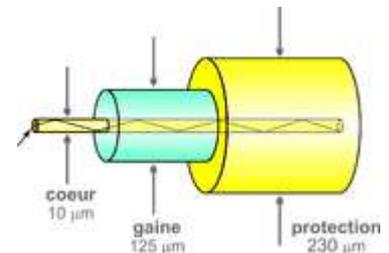
L'arthroscopie : son principe consiste à explorer une articulation à l'aide d'un endoscope à fibre optique introduit directement dans l'articulation. On réalise des arthroscopies essentiellement au niveau du genou et de l'épaule. Cet examen étudie les structures articulaires (cartilages, ménisques, ligaments) afin de déceler des anomalies, effectuer des prélèvements ou réaliser de petits gestes chirurgicaux (suture d'un ménisque, ablation de débris, lavage articulaire...).

La coloscopie pour le colon, la cystoscopie (pour la vessie) , la coelioscopie pour le diagnostic et le bilan de certaines maladies gynécologiques, la fibroscopie broncho- pulmonaire, l'hystérocopie (pour l'utérus), la laryngoscopie.

Principe de fonctionnement des fibres optiques

Une fibre optique est un fil en verre non rigide ou en plastique particulièrement fin qui a la propriété de conduire la lumière.

La fibre optique est un guide d'onde qui exploite les propriétés réfractrices de la lumière. Elle est généralement constituée d'un cœur entouré d'une gaine. Le cœur de la fibre a un indice de réfraction un peu plus élevé (différence de quelques millièmes) que la gaine et peut par conséquent 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 interne). La totalité est le plus souvent recouverte d'une gaine plastique de protection.

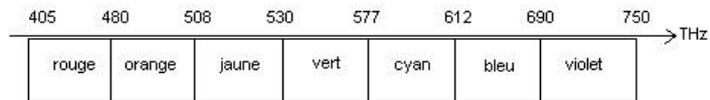


Quand un rayon lumineux entre dans une fibre optique à l'une de ses extrémités avec un angle correct, il subit de multiples réflexions totales internes. Ce rayon se propage alors jusqu'à l'autre extrémité de la fibre optique sans perte, en empruntant un parcours en zigzag. La propagation de la lumière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

Séquence n° 5 : L'endoscopie :

Questionnement

Nous avons vu lors de l'étude de la radiographie que la lumière visible est une onde. Voici le spectre en fréquences de cette lumière visible. THz est le symbole de Téra Hertz : $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$, soit un billion ou mille milliard !



Comment la lumière se propage-t-elle dans un milieu transparent ? Citez quelques milieux transparents.

A quelle vitesse se propage-t-elle ? Cela dépend-t-il du milieu de propagation ?

Mettez au point la première expérience qui a permis de courber la trajectoire de la lumière.

Comment la lumière se propage-t-elle dans une fibre optique ?

Fibres optiques

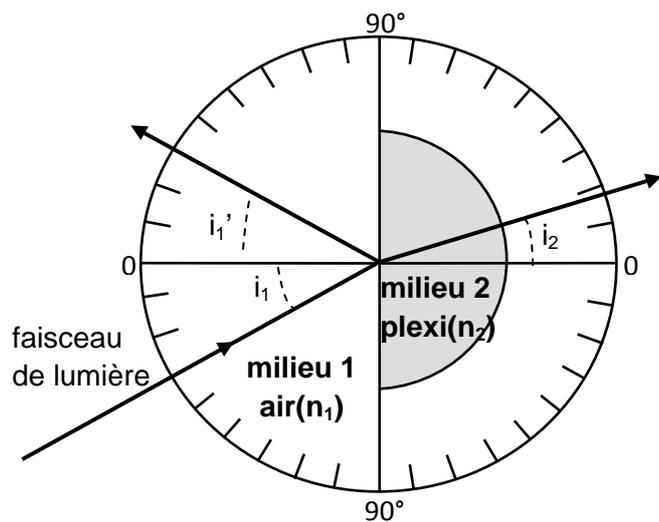
La lumière entre dans la fibre puis se réfléchit à l'intérieur, puis quitte la fibre. Pourquoi ne se réfléchit-elle pas dès le départ ? Pourquoi ne la quitte-t-elle pas dès le départ puisqu'elle la quitte à la sortie ?

Passage de l'air dans le plexiglas

- Envoyer un faisceau de lumière sur un demi-cylindre de plexiglas en faisant passer le pinceau lumineux **de l'air dans le plexiglas**. Cela correspond à l'entrée dans la fibre optique.

Chaque milieu transparent est caractérisé par une grandeur appelée indice de réfraction n . (sans unité)

$n(\text{air}) = 1,00$ $n(\text{verre}) = 1,50$



- Réaliser les mesures nécessaires pour compléter le tableau.

angle d'incidence i_1	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Angle de réflexion i'_1									
angle de réfraction i_2									
$\sin(i_1) / \sin(i_2)$									

- Nommer les différents rayons.(directement sur le schéma)

Quand un rayon lumineux arrive à la surface séparant deux milieux transparents homogènes, on peut observer :

- la réflexion :

- la réfraction :

- Calculer le rapport n_2 / n_1 en sachant que $n(\text{air}) = 1,00$ et $n(\text{plexiglas}) = 1,50$:

- Comparer les rapports n_2 / n_1 et $\sin(i_1) / \sin(i_2)$.

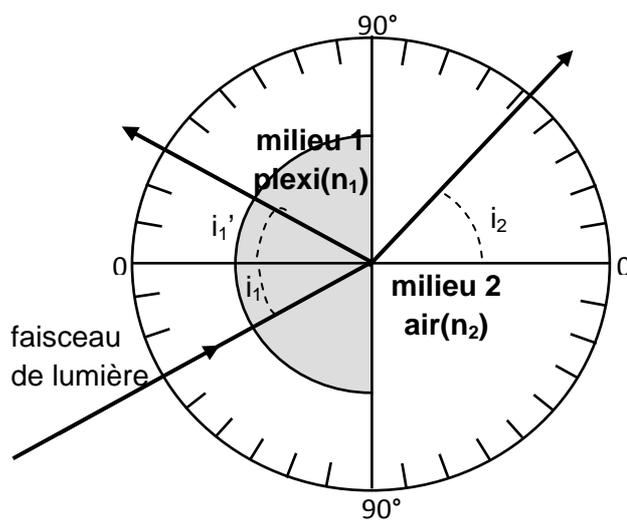
Conclure :

Lorsque la lumière passe d'un milieu 1 (transparent) à un autre milieu 2 (transparent), l'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 vérifient la relation :

n_1 et n_2 désignent les indices de réfraction des milieux 1 et 2.

- Les phénomènes de réflexion et de réfraction sont-ils toujours visibles ?

Reprendre l'expérience précédente en faisant passer le pinceau lumineux du plexiglas dans l'air.



- Pourquoi le faisceau n'est pas dévié en pénétrant dans l'hémi-cylindre ?

- Réaliser les mesures nécessaires pour compléter le tableau.

angle d'incidence i_1	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
angle de réflexion i_1'							
angle de réfraction i_2							

Qu'appelle-t-on à votre avis « angle limite » ?

* Pour $i_1 < i_{\text{limite}}$: La deuxième loi de Descartes est-elle vérifiée?

* **Pour $i_1 > i_{\text{limite}}$** : - Les phénomènes de réflexion et de réfraction sont-ils toujours observés ?

- La deuxième loi de Descartes est-elle encore valable ?

- Comparer les intensités lumineuses du rayon réfléchi pour $i_1 < i_{\text{limite}}$ et pour $i_1 >$

i_{limite} .

Que peut-on en conclure ?

* **Pour $i_1 = i_{\text{limite}}$** =

- Que peut-on dire du rayon réfracté ?

En déduire la valeur de $i_2 = \dots$

- Retrouver par le calcul et en utilisant la deuxième loi de Descartes la valeur de l'angle i_{limite} en sachant que $n(\text{air}) = 1,00$ et $n(\text{plexiglas}) = 1,50$:

Conclusion :

Quelles sont les **deux conditions pour observer le phénomène de réflexion totale ?**

Quelles sont les conditions pour que le faisceau de lumière subisse une réflexion totale dans une fibre optique ?