

Application - Réflexion : La fibroscopie

Comprendre le fonctionnement d'une fibre optique : investigation



Mission : Répondre à la question suivante :

«Comment la lumière peut rester confinée dans le cœur d'une fibre optique ?»

Pistes de réflexion

Le fibroscope permet l'exploration de nombreux organes : l'intestin, l'estomac, les cordes vocales, etc. et même le cœur et les artères. Le fibroscope est constitué schématiquement par un faisceau de milliers de fibres optiques, de petits cylindres de verre non rigides de diamètre inférieur à $10\ \mu\text{m}$.

Ces fibres transportent l'image de la zone à observer, afin qu'elle puisse être étudiée par le médecin. Pour que la lumière soit transmise sans perte par une fibre, il est nécessaire que la condition de réflexion totale y soit satisfaite.

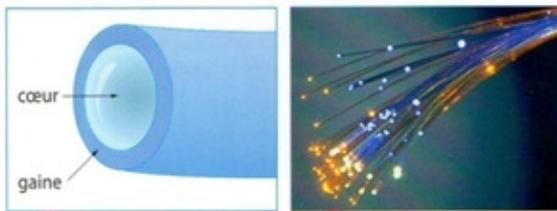


Fig. 1 Structure d'une fibre optique.

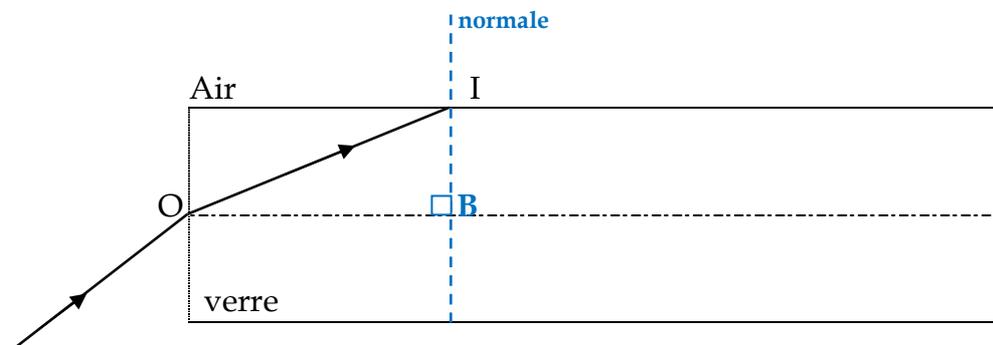
Fig. 2 Fibre optique éclairée.

Une fibre optique est un fin tuyau constitué d'un cœur entouré d'une gaine (fig.1). Le cœur et la gaine sont fabriqués avec des matériaux transparents choisis de telle sorte que la lumière a une vitesse plus faible dans le cœur que dans la gaine. Lorsque la fibre est éclairée à une extrémité, la lumière est transmise à l'autre extrémité en restant confinée dans le cœur de la fibre quelle que soit la courbure de celle-ci.

- 1- Quelle est la nature des matériaux qui constituent la fibre optique ? Quel milieu traverse le rayon incident ?
- 2- Convertir le diamètre inférieur de la fibre en m, nm et Gm.
- 3- D'après le texte, «...la vitesse de la lumière est plus faible dans le cœur que dans la gaine.»
 - Que peut-on donc supposer sur les indices de réfraction de ces deux milieux ?

Exercice

Un rayon lumineux monochromatique d'un faisceau laser pénètre dans l'une des fibres optiques d'un fibroscope. Son angle d'incidence en I sur la paroi de la fibre est égal à 60° . L'angle d'incidence à partir duquel il y a réflexion totale à la surface du verre est égal à 42° .



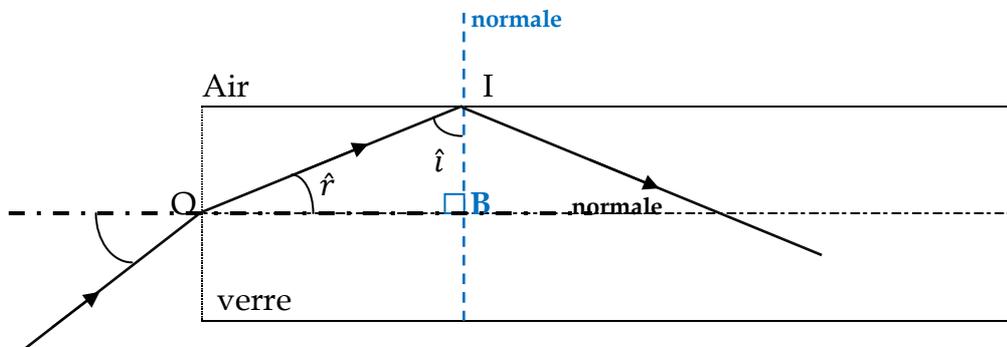
- 1- Que signifie monochromatique ? La lumière du Soleil est-elle monochromatique ?
- 2- Identifier l'angle d'incidence au point I sur le schéma
- 3- Y a-t-il réflexion totale en I ? Justifier en rédigeant une réponse.
- 4- Déterminer la valeur de l'angle de réfraction issu du rayon incident en O.

Application - Réflexion : La fibroscopie - CORRECTION

- Quelle est la nature des matériaux qui constituent la fibre optique ? Quel milieu traverse le rayon incident ?
La fibre optique est fabriquée avec des matériaux transparents (verre)
Le rayon incident traverse le cœur de la fibre puis se propage.
- Convertir le diamètre inférieur de la fibre en m, nm et Gm.
 $10 \mu\text{m} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ m} (1.10^{-5} \text{ m}) = 10 \cdot 10^3 \text{ nm} (1.10^4 \text{ nm}) = 1.10^{-14} \text{ Gm}$
- D'après le texte, «...la vitesse de la lumière est plus faible dans le cœur que dans la gaine.»
 - Que peut-on donc supposer sur les indices de réfraction de ces deux milieux ?
Plus l'indice de réfraction du milieu de augmente, plus la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu diminue.
On peut donc supposer que l'indice de réfraction du cœur de la fibre est > à l'indice de réfraction de la gaine.

Exercice fibre optique

Un rayon lumineux monochromatique d'un faisceau laser pénètre dans l'une des fibres optiques d'un fibroscope. Son angle d'incidence en I sur la paroi de la fibre est égal à 60° . L'angle d'incidence à partir duquel il y a réflexion totale à la surface du verre est égal à 42° .



- Que signifie monochromatique ? La lumière du Soleil est-elle monochromatique ?
Monochromatique signifie que le laser émet une seule couleur. La lumière du Soleil n'est pas monochromatique car dispersée par un prisme (expérience de Newton vue en 5^{ème}) on obtient un spectre coloré comme un arc-en-ciel. La lumière du Soleil est polychromatique.
- Identifier l'angle d'incidence au point I sur le schéma
 - tracer la normale au dioptre air/verre au point d'impact I
 - on repère puis on trace l'angle incident = angle fait entre le rayon et la normale !
- Y a-t-il réflexion totale en I ? Justifier en rédigeant une réponse.
Je sais qu'il y a réflexion totale si l'indice du milieu incident 1 est supérieur à l'indice du milieu 2 et si l'angle limite est atteint.
Ici : • le milieu 1 est le verre $n_1 = 1,5$ et le milieu 2 est l'air $n_2 = 1$ donc $n_1 > n_2$
• l'angle d'incidence i est égal à 60° donc supérieur à l'angle limite de 42° : $i > i_{\text{lim}}$.

Il y a donc réflexion totale en I

- Déterminer la valeur de l'angle de réfraction issu du rayon incident en O.
D'après la construction de la normale, si on considère les parois de la fibre parallèles, le triangle OIB est rectangle en B.
Or dans un triangle la somme des angles est égal à 180° d'où :

$$\hat{r} + \hat{i} + 90 = 180 \text{ et } \hat{r} = 180 - 90 - \hat{i}$$

$$\text{or } \hat{i} = 60^\circ \text{ donc } \hat{r} = 30^\circ$$