

Exercice 1 (La fibroscopie)

1. Une lumière est qualifiée de monochromatique si elle constituée d'une seule longueur d'onde. Elle ne possède qu'une seule couleur.

2. D'après le document, il faut éclairer le tissu avec de la lumière UV donc la longueur d'onde est inférieure à 400 nm. La longueur d'onde de 308 nm choisie pour éclairer le tissu via la fibre optique excitatrice est cohérente par rapport à l'extrait de brochure sur le laser.

3. Lois de Snell-Descartes relatives à la réfraction :

- Le rayon incident et le rayon réfracté sont dans le même plan.
- L'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 vérifient la relation :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

4. Calcul de la valeur de l'angle i_2

$$n_1 \sin i_1 = n_c \sin i_2 \quad \text{donc} \quad \sin i_2 = \frac{n_1 \sin i_1}{n_c} = \frac{1 \times \sin 40}{1,62} = 0,40$$

$$i_2 = 23,4^\circ$$

5. On a la relation : $i_2 + i_3 + 90 = 180$ donc $i_3 = 180 - 90 - i_2$

$$i_3 = 180 - 90 - 23,4 = 66,6^\circ$$

Donc l'angle i_3 a pour valeur environ 67° .

6. Au point B, on a la relation :

$$n_c \sin i_3 = n_g \sin i_4 \quad \text{donc} \quad \sin i_4 = \frac{n_c \sin i_3}{n_g} = \frac{1,62 \times \sin 67}{1,51} = 0,988$$

La valeur du sinus de l'angle réfracté i_4 est inférieure à 1 donc, le rayon lumineux arrivant avec l'incidence i_3 précédente peut passer dans la gaine.

7. Au point B, on a la relation :

$$n_c \sin i_3 = n_g \sin i_L \quad \text{donc} \quad \sin i_3 = \frac{n_g \sin i_L}{n_c} = \frac{1,51 \times 1}{1,62} = 0,932$$

$$i_3 = 68,8^\circ$$

Donc la valeur de l'angle d'incidence limite i_L est située entre 68 et 69° .

8. D'après la relation donnée :

$$\sin i_{\max} = \sqrt{(n_c^2 - n_g^2)} = \sqrt{1,62^2 - 1,51^2} = 0,587$$

$$i_{\max} = 35,9^\circ$$

9. Ce résultat est cohérent avec la situation décrite dans les questions 4 à 6 car l'angle d'incidence est de 40° et n'appartient pas au cône d'acceptance de la fibre.

Exercice 2 (La fibre optique)

1. 1.1. 1.1.1. D'après la relation de Descartes, on a :

$$n_{\text{air}} \sin \alpha = n_c \sin \beta \quad \text{donc} \quad \beta = \arcsin\left(\frac{n_{\text{air}} \sin \alpha}{n_c}\right)$$

1.1.2. D'après la relation précédente :

$$\beta = \arcsin\left(\frac{n_{air} \sin \alpha}{n_c}\right) = \arcsin\left(\frac{1 \sin 17,0}{1,52}\right) = 11,1^\circ$$

1.1.3 La relation évoquée à la question 1.1.1. est associée au savant Descartes.

1.2 1.2.1. On a la relation : $\beta + i + 90 = 180$ donc $i = 90 - \beta$

1.2.2. $i = 90 - \beta = 90 - 11,1 = 78,9^\circ$

1.3 1.3.1 La propagation des rayons lumineux doit avoir lieu dans le cœur de la fibre optique. On doit donc avoir une réflexion totale entre la gaine et le cœur au niveau des points J de la fibre. S'il existe un rayon réfracté dans la gaine, une partie de l'énergie lumineuse est perdue à chaque fois que l'on arrive sur l'interface cœur/gaine. Et la lumière doit pouvoir sortir à l'extrémité de la gaine.

1.3.2. Pour que le rayon lumineux subisse une réflexion totale, le sinus de l'angle de réfraction r doit être supérieur à 1. C'est-à-dire :

$$n_c \sin i = n_G \sin r \quad \text{donc} \quad \sin r = \frac{n_c \sin i}{n_G}$$

$$\sin r > 1 \quad \text{donc} \quad \frac{n_c \sin i}{n_G} > 1$$

$$\sin i > \frac{n_G}{n_c} \quad \text{donc} \quad i > \arcsin\left(\frac{n_G}{n_c}\right)$$

1.3.3. D'après la relation précédente,

$$i > \arcsin\left(\frac{n_G}{n_c}\right) \quad \text{donc} \quad i > \arcsin\left(\frac{1,48}{1,52}\right)$$

$$i > 76,8^\circ$$

Pour observer une réflexion totale, i doit être supérieur à $76,8^\circ$. Ceci est le cas car $i = 78,9^\circ$.

1.3.4. Pour avoir le maximum de chance qu'un faisceau lumineux se propage dans une telle fibre, l'angle i doit être le plus grand possible. (Supérieur à $76,8^\circ$). L'angle β doit être le plus petit possible et donc l'angle d'incidence devra être plutôt faible, proche de la normale.

2. 2.1 A chaque changement de strate, l'angle réfracté doit être le plus grand que l'angle incident pour que l'angle β soit le plus petit possible et donc que l'angle i soit le plus grand possible pour permettre une réflexion totale à l'interface cœur / gaine. Si l'angle réfracté est plus grand que l'angle incident, le rayon réfracté s'éloigne de la normale donc l'indice de réfraction diminue à chaque changement de strate. L'indice de réfraction diminue du centre vers l'extérieur de la fibre.

2.2 2.2.1 L'indice de réfraction d'un milieu transparent représente le quotient de la vitesse de la lumière dans le vide (c) par la vitesse de la lumière dans le milieu transparent (n)

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

2.2.2 D'après la relation précédente :

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{donc} \quad v = \frac{c}{n}$$

Lorsque n diminue, ce qui est le cas du centre vers l'extérieur de la fibre, la vitesse augmente. Donc les rayons lumineux de l'extérieur de la fibre parcourent une plus grande distance mais avec une vitesse plus élevée. Donc le temps de parcours sera quasiment identique à celui des rayons du centre de la fibre et ressortent simultanément de la fibre.