

Exercice 1

1. Expliquer le principe de la fibre à gradient d'indice.
2. Peut-on avoir de l'émission stimulée sans la cavité résonnante? Justifier votre réponse.
3. Expliquer brièvement la dispersion dans une fibre à saut d'indice?

Exercice 2

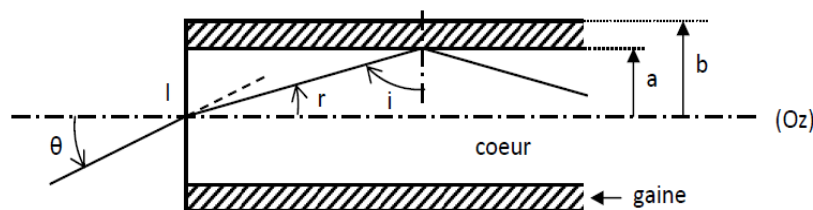
On veut utiliser à $1.55\mu\text{m}$ une fibre optique qui doit être monomode à partir de $1.2\mu\text{m}$ et ayant les caractéristiques suivantes : $n_1=1.47$: indice du cœur et $\Delta = 2.7 \times 10^{-3}$: différence relative d'indice.

1. Calculer le rayon du cœur de la fibre.
2. Calculer la fréquence normalisée de cette fibre.
3. En déduire le nombre de modes qui se propagent dans cette fibre.
4. Que faut-il faire pour que la fibre soit monomode ?

Exercice 3

A. Fibre à Saut d'Indice

Une fibre est constituée d'un cœur cylindrique de rayon a et d'indice n_1 , entouré d'une gaine de rayon extérieur de rayon b et d'indice $n_2 < n_1$. Les faces d'entrée et de sortie sont perpendiculaires à l'axe de révolution (Oz) commun au cœur et à la gaine. La fibre est plongée dans l'air, d'indice de réfraction $n_0 = 1,00$. Un rayon lumineux arrive en un point I de l'axe (Oz) sur la face d'entrée de la fibre, avec un angle d'incidence θ . On note r l'angle de réfraction en I.



1. Montrer que le rayon lumineux est guidé dans le cœur (c'est-à-dire qu'il n'en sort pas) si l'angle i est supérieur à une valeur critique i_c que l'on exprimera en fonction de n_1 et n_2 .
2. Calculer i_c pour $n_1 = 1,456$ (silice) et $n_2 = 1,410$ (silicone).
3. Exprimer $\sin(i)$ en fonction de θ et de n_1 .
4. En déduire que le rayon incident reste confiné dans la fibre si : $\sin(\theta) < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$
5. Soit θ_m l'angle d'incidence maximale qui permette la propagation guidée de la lumière dans la fibre. On appelle ouverture numérique ON de la fibre, la quantité $\sin(\theta_m)$. Calculer θ_m et ON pour les mêmes indices qu'à la question 2.

6. Un rayon qui frappe la face d'entrée d'une telle fibre avec un angle d'incidence de 40° peut-il être guidé dans la fibre? Que devient-il ?

7. Quelles sont les valeurs de θ_m en degrés et ON pour une fibre à base d'arséniure de gallium pour lequel $n_1 = 3,9$ et $n_2 = 3,0$? Commenter.

8. L'atténuation de la lumière dans les fibres optiques A (dB/Km) est due à l'absorption et à la diffusion de la lumière par le matériau constitutif du cœur et par ses impuretés (Fe^{2+} , Cu^{2+} , HO^-).

On parvient couramment à réaliser des fibres dans lesquelles la puissance P_2 , après un parcours de 50km, représente 10% de la puissance P_1 du signal entrant. Calculer l'atténuation de telles fibres.

B. Transmission par fibre optique à saut d'indice

Lorsqu'on émet une impulsion lumineuse extrêmement brève au niveau de la face d'entrée de la fibre, des rayons lumineux sont émis dans toutes les directions de propagation possible. Il se pose alors le problème de l'élargissement temporel au niveau de la face de sortie, puisque tous les rayons n'arrivent pas en même temps : certains ont un trajet plus long à parcourir que d'autres. On note L la longueur totale de la fibre et c la vitesse de la lumière dans le vide.

1. Exprimer en fonction de L , c et n_1 la durée de propagation Δt d'un rayon qui suit l'axe (Oz) sur toute la longueur de la fibre.

2. On considère le rayon d'angle d'incidence maximale θ_m qui « zigzag » dans la fibre sur toute la longueur de la fibre. Exprimer la longueur L' du trajet qu'il suit en fonction de L et de l'angle de réfraction r_m en I.

3. Soit $\Delta t'$ la durée de propagation de ce rayon zigzagant. En déduire que: $\Delta t' = \frac{n_1}{n_2} \Delta t$

4. Calculer la différence δt_{\max} des durées de propagation des deux rayons particuliers envisagés. Données : $L = 1\text{km}$, $n_1 = 1,456$, $n_2 = 1,410$, et $c = 3.10^8\text{m.s}^{-1}$.

5. On envoie alors en entrée de la fibre des impulsions lumineuses très brèves avec une période T . Dessiner de la même manière l'allure des impulsions reçues en sortie de la fibre. (en supposant que celles-ci ne se recouvrent pas).



6. A quelle fréquence maximale F peut-on émettre des impulsions lumineuses en entrée qui soient « séparées » en sortie ? Calculer la valeur numérique de F . Et déduire la valeur de la bande passante B (exprimée en MHz.km) pour une longueur de 1 km.

7. En transmission numérique, on exprime le résultat en nombre maximum d'éléments binaires – une impulsion codant un bit 1, une absence d'impulsion un bit 0 – qu'on peut transmettre par seconde. Que vaut le débit en bit/s de cette fibre ? Le comparer au débit du standard téléphone Numéris (64 kbit/s) et au standard télévision (100 Mbit/s).