

PROBLEME : (d'après banque PT 2013)

A) Lois de Descartes

On considère un dioptre plan séparant 2 milieux transparents et homogènes : le milieu (1) d'indice n_1 et le milieu (2) d'indice n_2 . De la lumière se propage du milieu (1) vers le milieu (2). On isole un rayon frappant le dioptre en I, et formant un angle i_1 avec (N), normale au dioptre en I. On observe l'existence d'un rayon réfléchi dans le milieu (1) formant un angle i' avec (N) et éventuellement d'un rayon réfracté formant un angle i_2 avec (N). Les angles sont non orientés.

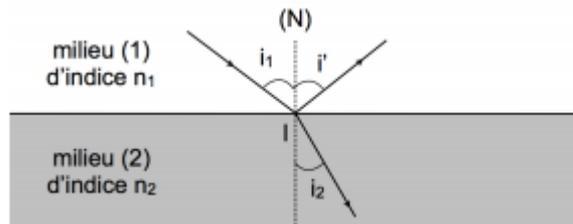


FIGURE 1 : Lois de Descartes

- A.1. A quelle condition peut-on considérer que la lumière est constituée de rayons lumineux indépendants ?
- A.2. Enoncer les lois de Descartes relatives à la réfraction et à la réflexion.
- A.3. Décrire le phénomène de réflexion totale : on précisera notamment la condition sur les indices et la condition sur l'angle i_1 .

B) Fibre optique à saut d'indice

Une fibre optique est un fin cylindre de verre, capable de guider la lumière sur de longues distances. Un rayon lumineux entrant à une extrémité de la fibre reste piégé à l'intérieur par réflexion totale interne.

Une fibre optique à saut d'indice est constituée d'un cœur cylindrique d'indice n_1 d'un diamètre d'environ $50 \mu\text{m}$, entouré par une gaine d'indice $n_2 < n_1$.

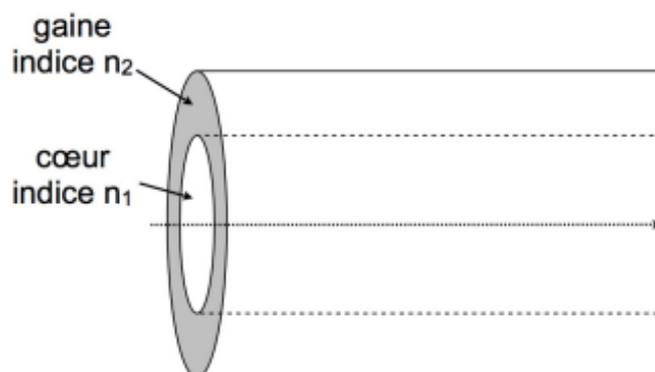


FIGURE 2 : Fibre à saut d'indice

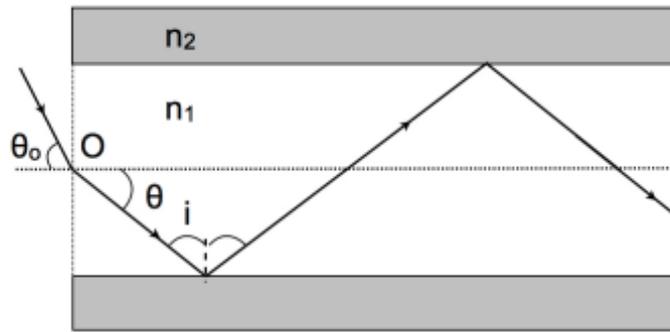


FIGURE 3 : Coupe dans le plan méridien d'une fibre à saut d'indice

B.1. Montrer que tout rayon situé dans un plan contenant l'axe de la fibre et formant dans la fibre un angle θ avec l'axe peut se propager dans le cœur en restant dans ce plan si $\theta < \theta_c$, avec

$$\theta_c = \text{Arccos}\left(\frac{n_2}{n_1}\right).$$

B.2. Que risque-t-il de se passer si on courbe trop la fibre ? On pourra illustrer au moyen d'un schéma.

B.3. On définit l'ouverture numérique ON de la fibre par $ON = n_1 \sin(\theta_c)$.

B.3.a. Montrer que $ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$.

B.3.b. On pose $n_1 = n_2 + \delta n$: δn est petit. Etablir une expression approchée de ON à l'ordre le plus bas non nul.

B.3.c. Evaluer ON pour $n_1 = 1,53$ et $n_2 = 1,50$ avec 1 chiffre significatif.

B.3.d. On considère que l'indice de l'air à l'extérieur de la fibre est égal à 1. Soit O le point de l'axe de la fibre situé sur le dioptré air-cœur. On note θ_0 l'angle d'incidence du rayon lumineux entrant dans la fibre en O (cf figure 3). A quelle condition sur θ_0 le rayon se propage-t-il dans la fibre ?