PT 2018 - 2019

DL 6

PREMIER PROBLEME : Transmission optique : Propagation guidée de la lumière dans une fibre optique (d'après banque PT 2013)

A) Lois de Descartes :

A-1) On peut considérer que la lumière est constituée de rayons lumineux indépendants dans le cadre de l'approximation de l'optique géométrique ; à savoir si la longueur d'onde de l'onde est très petite devant la dimension d'un obstacle ($\Rightarrow$ pas de diffraction, pas d'interférences)

A-2) * les rayons réfléchi et réfracté sont contenus dans le plan d'incidence (= plan contenant le rayon incident et (N)).

* $\boxed{i' = i_1}$

* $\boxed{n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2}$

A-3) On peut avoir réflexion totale (donc pas de rayon réfracté). Pour cela, il faut :

* $\boxed{n_2 < n_1}$ (pour que le rayon réfracté s'écarte de (N))

* cas limite : $i_2 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow n_1 \sin i_{1L} = n_2 \sin \frac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow \boxed{i_1 > i_{1L} = \text{Arcsin} \frac{n_2}{n_1}}$$

B) Fibre optique à saut d'indice :

B-1) cf question A-3), pour avoir réflexion totale, il faut $i > \text{Arcsin} \frac{n_2}{n_1} = i_L$

or $\theta = \frac{\pi}{2} - i \quad \Rightarrow \theta_L = \frac{\pi}{2} - i_L$

$$\Rightarrow i_L = \frac{\pi}{2} - \theta_L$$

$$\Rightarrow \sin i_L = \frac{n_2}{n_1} = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta_L\right) = \cos\theta_L$$

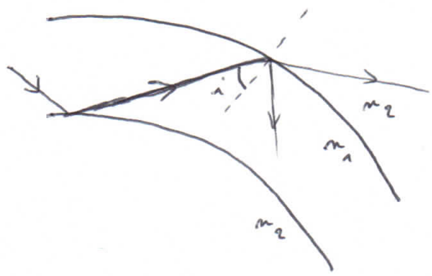
$$\Rightarrow \theta_L = \text{Arccos} \frac{n_2}{n_1}$$

$i > i_L \Rightarrow \boxed{\theta < \theta_c}$ (car $\theta + i = \frac{\pi}{2} = c^{te}$)

avec $\boxed{\theta_c = \text{Arccos} \frac{n_2}{n_1}}$

pour qu'il y ait réflexion totale entre le cœur et la gaine, donc propagation dans le cœur "sans pertes".

B-2) Si on courbe trop la fibre, des rayons risquent de se "perdre" dans la gaine, car i pourra devenir $< i_L$: $i < i_L = \text{Arcsin} \frac{n_2}{n_1}$



Si i devient trop faible, il y aura un rayon réfracté dans la gaine. Donc les rayons réfléchis (dans le cœur) seront moins intenses.

B-3-a) $ON = n_1 \sin\theta_c = n_1 \sqrt{1 - \cos^2\theta_c}$

$$ON = n_1 \sqrt{1 - \left(\cos\left(\text{Arccos} \frac{n_2}{n_1}\right)\right)^2}$$

$$= n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}$$

B.3.b) $n_1 = n_2 + \delta n$

$$ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{(n_2 + \delta n)^2 - n_2^2} = \sqrt{\cancel{n_2^2} + 2 n_2 \delta n + \cancel{\delta n^2} - \cancel{n_2^2}}$$

$$\boxed{ON = \sqrt{2 n_2 \delta n}}$$

B.3.c) $\left.\begin{array}{l} n_1 = 1{,}53 \\ n_2 = 1{,}50 \end{array}\right) \Rightarrow \delta n = n_1 - n_2 = 0{,}03$

$$\Rightarrow ON = \sqrt{2 \times 1{,}50 \times 0{,}03} = \sqrt{3 \times 0{,}03} = \sqrt{0{,}09}$$

$$\Rightarrow \boxed{ON = 0{,}3}$$

B.3.d) * On a vu (cf B.1) qu'il faut $\theta < \theta_c$ pour que le rayon se propage dans la fibre.

* loi de Descartes en O : $1 \times \sin\theta_0 = n_1 \sin\theta$

* il faut donc $\sin\theta_0 < n_1 \sin\theta_c = ON$

$$\Rightarrow \boxed{\theta_0 < \text{Arcsin}\, ON \simeq ON}$$