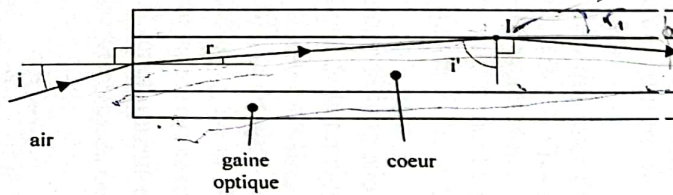


Optique

Exercice G1-05 : fibre optique à saut d'indice

Une fibre optique à saut d'indice est constituée d'un cœur cylindrique entouré d'une gaine :



1. Le cœur a un indice de réfraction $n_c = 1,48$.
Calculer la vitesse de la lumière dans le cœur.

2. Pour que la lumière puisse se propager correctement dans la fibre optique, il faut avoir réflexion totale en I. Pourquoi ?
A quelle condition sur l'angle i' a-t-on réflexion totale en I ?
En déduire la condition sur r .
En déduire la condition sur l'angle d'incidence i .

On donne : indice de la gaine : $n_g = 1,46$.

3. On appelle **ouverture numérique** ON de la fibre, le sinus de l'angle d'incidence maximal pour lequel les rayons qui pénètrent dans le cœur sont transmis jusqu'à la sortie.
Calculer la valeur de ON .

4. Montrer que l'ouverture numérique peut aussi s'écrire :

$$ON = \sin i_{\max} = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$$

5. La fibre a une longueur totale $L = 1$ km.

5.1. Considérons un rayon incident qui entre dans la fibre en incidence normale ($i = 0$).

Calculer la durée du trajet de la lumière jusqu'à la so:

5.2. Même question avec l'angle d'incidence i_{\max} .

5.3. Vérifier que la différence entre les deux durées précédentes peut s'écrire :

$$\Delta t = \frac{n_c(n_c - n_g)L}{n_g c_0}$$

avec : $c_0 \approx 300\,000$ km/s (vitesse de la lumière dans le vide)

Faire l'application numérique.

5.4. Application à la transmission d'information

En entrée de la fibre, on place une diode Laser qui émet des impulsions lumineuses.
Ces impulsions correspondent au codage binaire d'une information numérique.

Quelle durée τ doit séparer deux impulsions successives pour qu'elles ne se superposent pas à la sortie de la fibre ?

En déduire le débit maximal (en bits par seconde) de cette fibre optique.

Eléments de correction

1. $c_0/n_c = 300\,000/1,48 \approx 203\,000$ km/s

2. C'est nécessaire pour qu'il n'y ait pas de perte énergétique du faisceau lumineux.

$i' > i'_c$ (angle critique) avec : $\sin i'_c = n_g/n_c$
A.N. $i' > 80,6^\circ$
 $i' + r = 90^\circ \Rightarrow r = 90^\circ - i'$ on a $i' > i'_c \Rightarrow r < r_c = 9^\circ$
Loi de la réfraction : $\sin i = n_c \sin r$ donc : $i < 14,0^\circ$

3. $ON = \sin i_{\max} = \sin 14,0^\circ = 0,24$

4. $\sin i = n_c \sin r = n_c \sin(90^\circ - i') = n_c \cos i'$

Pour déter ON → loi de cosinus au pro

si : $i = i_{\max}$ alors : $i' = i'_c$ $ON = \sin i_{\max} = n_c \cos i'_c$
 $\sin i'_c = \frac{n_g}{n_c}$ $(\sin i'_c)^2 + (\cos i'_c)^2 = 1$ d'où : $\left(\frac{n_g}{n_c}\right)^2 + \left(\frac{ON}{n_c}\right)^2 = 1$

Finalemt : $ON = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$

5.1.

Distance parcourue par la lumière : L

Vitesse de la lumière : c_0/n_c

Durée : $t_1 = \frac{n_c L}{c_0} = 4,93 \mu s$

5.2.

Distance parcourue par la lumière : $L / \sin i'_c$

$\frac{L n_c}{n_g} - \frac{L n_c}{c_0}$

5.3.

$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{n_c(n_c - n_g)L}{n_g c_0}$

Application numérique : $\Delta t = 68$ ns

5.4.

$\tau > \Delta t$ $1/\Delta t = 1/(68 \text{ ns}) = 14,8$ Mbit/s

débit