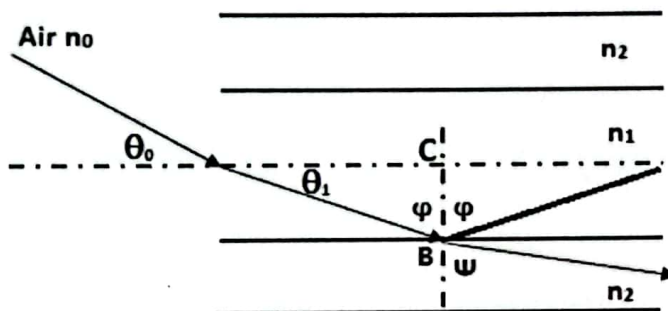


TD : Communications par Fibre Optique
 Série N°1

Exercice1 :

Une fibre optique en silice possède un indice de réfraction de réfraction du cœur $n_1 = 1.50$ et celui de la gaine optique $n_2 = 1.47$. Calculer :

- a- l'angle critique φ_c au niveau de l'interface cœur – gaine optique.
- b- l'ouverture numérique NA pour la fibre
- c- l'angle d'acceptance θ_a pour la fibre dans l'air



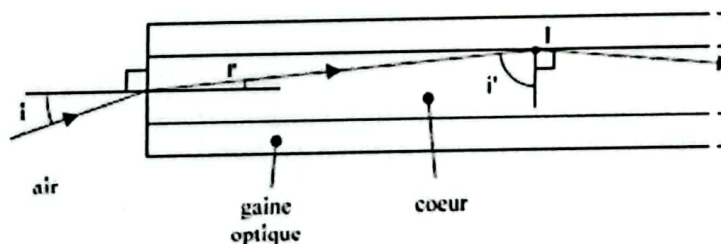
Exercice2 :

La différence d'indice réfractive relative d'une fibre optique est de 1% , l'indice de refraction n_1 du cœur est de 1.46.

- a- l'ouverture numérique NA pour la fibre
- b- l'angle solide d'acceptance θ_a pour la fibre dans l'air
- c- l'angle critique φ_c au niveau de l'interface cœur – gaine optique

Exercice3 :

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 .

TD : Communications par Fibre Optique
Série N°1

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

3. Calculer la valeur de l'ouverture *numérique* ON (NA)..

4. Montrer que l'ouverture numérique peut aussi s'écrire : $NA = \sin i_{\max} = (n_c^2 - n_g^2)^{1/2}$

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 sortie.

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 :

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

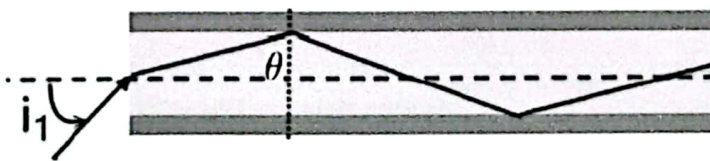
avec : $c_0 = 300\,000$ km/s (vitesse de la lumière dans le vide)

Faire l'application numérique.

5.4. Application à la transmission d'information

Exercice4 :

On s'intéresse à une fibre optique à saut d'indice : un cœur de rayon a et d'indice n_1 est entouré par une gaine d'indice n_2 .

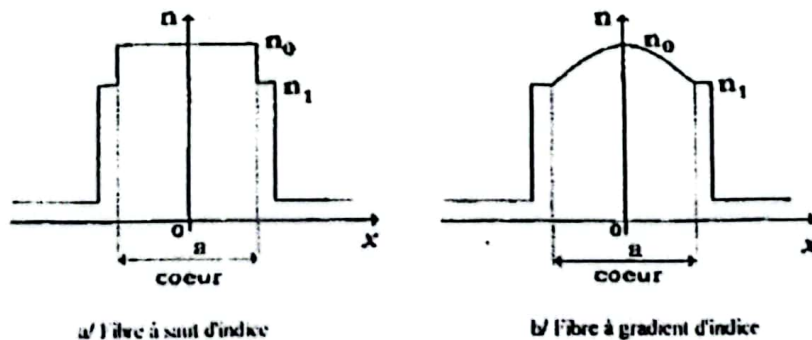


On y envoie un rayon sous l'angle d'incidence i_1 . Il arrive sur le dioptré cœur-gaine en formant un angle θ avec la normale.

1. A quelle condition sur θ le rayon reste-t-il dans la fibre optique ?
2. En déduire l'angle limite i_1 permettant au rayon de rester dans la fibre.
3. Quelle est la durée maximale mise par un signal lumineux pour traverser une fibre de longueur L ?
4. Quelle est la durée minimale mise par un signal lumineux pour traverser cette même fibre?

Exercice5 : Calcul du nombre de modes dans une fibre optique

On distingue deux sortes de fibres optiques, suivant que l'indice de réfraction du cœur est constant ou varie graduellement en fonction de la distance x au centre de la fibre (voir figure ci-dessous). Le calcul du nombre de modes se propageant dans la fibre dépend de la nature de celle-ci.



Profil de l'indice de refraction n suivant le type de fibre

TD : Communications par Fibre Optique
Série N°1

Dans toute la suite, on désigne par : n_0 , l'indice de réfraction au centre du cœur de la fibre
 n_1 , l'indice de réfraction de la gaine de la fibre, a , le diamètre du cœur de la fibre, λ , la longueur d'onde de la source d'éclairage.

1. Fibre à saut d'indice

Le nombre de mode dans une fibre à saut d'indice, N_s , est donné par la relation :

$$N_s = (4 \pi^2 / \lambda^2)(n_0^2 - n_1^2) \cdot I_s \text{ où } I_s \text{ désigne l'intégrale : } I_s = \int_0^a x dx$$

Calculer I_s en fonction de a

2. Fibre à gradient d'indice

Le nombre de modes dans une fibre à gradient d'indice, N_g , est donné par la relation :

$$N_g = (4 \pi^2 / \lambda^2)(n_0^2 - n_1^2) \cdot I_g \text{ avec } I_g = a^2/4$$

Quelle relation peut-on écrire entre N_g et N_s ?

3. Application numérique

Pour $n_1 = 1.47$ et $n_0 - n_1 = 0.01$, $\lambda = 0.85 \mu\text{m}$, $a = 50 \mu\text{m}$

a) Calculer le nombre de modes, N_s , dans la fibre à saut d'indice. Arrondir le résultat à l'entier inférieur

b) Calculer le nombre de modes, N_g , dans la fibre à gradient d'indice. Arrondir le résultat à l'entier inférieur

Exercice6 :

1- Le coefficient d'atténuation linéique d'un signal sur une ligne en câbles vaut $0,20 \text{ dB.m}^{-1}$.
Quelle est la puissance de sortie du signal si sa puissance d'entrée est égale à $5,0 \text{ mW}$ sur un câble de $1,0 \text{ m}$?

$$\text{Rappel : } \alpha = (10/L) \log(P_e/P_s)$$

2- Pour les télécommunications à longue distance, on utilise une radiation de longueur d'onde dans le vide égale à $1,55 \mu\text{m}$ se propageant dans une fibre optique. Le coefficient d'atténuation linéique α vaut $2,0 \times 10^{-4} \text{ dB.m}^{-1}$.

Quel est le rapport (P_e/P_s) des puissances d'entrée et de sortie pour une fibre optique de 32 km de longueur ?

3- La maîtrise des procédés de fabrication des fibres optiques permet de limiter considérablement leur coefficient d'atténuation linéique. Par exemple, il reste $1,00 \%$ de la puissance d'entrée après une propagation sur une distance de 100 km de signaux de longueur d'onde dans le vide égale à 1550 nm . Cette puissance est suffisante pour que ces signaux soient détectés.

Quel est le coefficient d'atténuation linéique ?