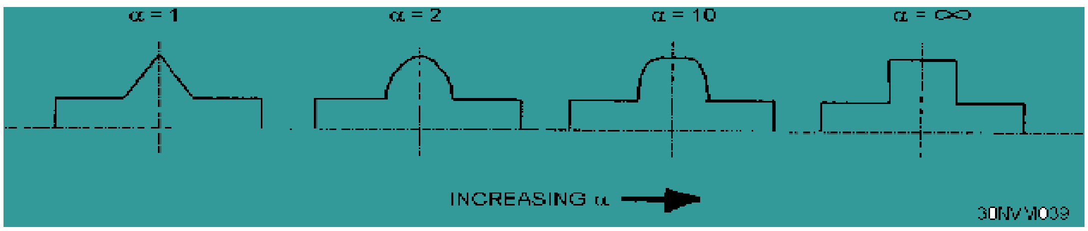
Soluiton -TD2

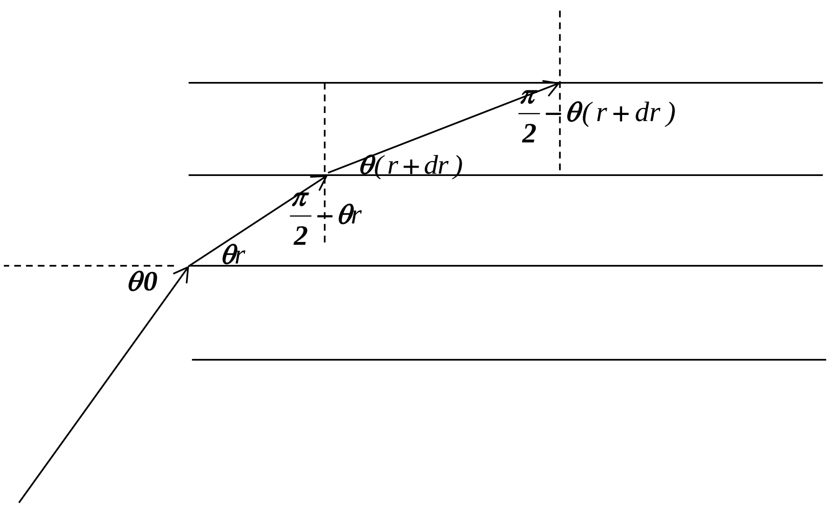
Exercice 1

Expliquer ce qu'on entend par une fibre optique à gradient d'indice, donner une expression pour le profil d'indice de réfraction possible. En utilisant de simples concepts de la théorie des rayons, discuter de la transmission de la lumière dans la fibre. Montrer comment cela est lié à l'angle d'acceptante de fibres et les indices de réfraction du cœur et de la gaine.
Indiquer le principal avantage de ce type de fibre multimodal pour la propagation.

Sol

$$n(r) = \begin{cases} n_1\sqrt{(1-2\Delta\left(\dfrac{r}{a}\right)^{\alpha}} & 0 \le r \le a \\ n_1\sqrt{1-2\Delta} = n_1(1-\Delta) = n_2 & r = a \end{cases}$$





$n0.Sin\theta 0 = nr.\sin\theta r$

$nr\,\sin(\frac{\pi}{2}-\theta r) = n_{r+dr}..Sin(\frac{\pi}{2}-\theta_{r+dr}) --> nr.Cos(\theta r) = n_{r+dr}..Cos\theta_{(r+dr)}$ $\Rightarrow$ $n0.Sin\theta 0 = nr.\sin\theta r$

$nr.Cos(\theta r) = n2$

$n_{r+dr}.Cos(\theta_{r+dr}) = n_{r+2dr}..Cos\theta_{(r+2dr)}$

.

.

$n_{r+k.dr}.Cos(\theta_{r+k.dr}) = n2$

$Sin\theta 0 = \frac{nr}{n0}.\sin\theta r -->$

$Sin\theta 0 = \frac{nr}{n0}.\sqrt{1-\cos^2\theta r} = \frac{nr}{n0}.\sqrt{1-(\frac{n2}{nr})^2} = \sqrt{nr^2 - n2^2}$

Exercice 2

La différence indice de réfraction relatif entre l'axe du cœur et la gaine d'une fibre à gradient d'indice est de 0,70%. l'indice de réfraction à l'axe du cœur est de 1,45. Estimer la valeur de l'ouverture numérique:

(A) le profil d'indice n'est pas pris en compte;

(B) le profil d'indice est supposé être de forme triangulaire

$$n(r) = n_1\sqrt{1 - 2\Delta.\frac{r}{a}} \sim n(r) = n_1(1 - \Delta.\frac{r}{a})$$

Solution

$$Sin(\theta a) = \sqrt{nr^2 - n2^2}$$

a) Lorsque le profil d'indice n'est pas pris en compte, l'ouverture numérique ne dépend pas de la position du rayon incident par rapport au coeur. $Sin(\theta a) = n1\sqrt{2\Delta}$

b) Dans ce cas l'ouverture numérique a la même expression mais elle dépendra de la position du rayon.

For r=a/2→

$$Sin(\theta a) = \sqrt{n_1^2(1 - \Delta.\frac{r}{a})^2 - n_1^2(1 - \Delta.)^2} = \sqrt{n_1^2(1 - 2\Delta.\frac{1}{2}) - n_1^2(1 - 2.\Delta.)} = n1\sqrt{\Delta}$$

L'ouverture numérique est plus petite qu'au centre de la fibre

Exercice 3

Une fibre à gradient d'indice avec un indice de réfraction à l'axe du cœur de 1,5 a un profil d'indice caractéristique (α) de 1,90, une différence d'indice de réfraction relatif de 1,3% et un diamètre de cœur de 40 µm. Estimer le nombre de modes guidés se propageant dans la fibre où la lumière transmise a une longueur d'onde de 1,55 µm, et déterminer la valeur seuil de la fréquence normalisée pour la transmission monomode dans la fibre.

Solution

$$V = k.n\mathbf{1}.a\sqrt{2\Delta} = \frac{2.\pi}{1.55}.1.5.20\sqrt{2.6\%} = 19.6$$

$$M_g = \left(\frac{\alpha}{\alpha+2}\right)\left(\frac{V^2}{2}\right) \quad Mg = \frac{1.9}{1.9+2}.\frac{19.62^2}{2} \sim 93\, mod\, es$$

Exercice 4

Montrer que la valeur maximale de a/λ est d'environ 1,4 fois plus grande pour une fibre monomode à profil parabolique d'indice de réfraction que pour une fibre monomode à saut d'indice.

$$Vc_g = k.n1.a.\sqrt{2\Delta} = 2\pi(\frac{a}{\lambda})_{c,g}.n1.\sqrt{2\Delta} = (2.405)(1+2/\alpha)^{1/2} = 2.405\sqrt{2}$$

$$Vc_s = k.n1.a.\sqrt{2\Delta} = 2\pi(\frac{a}{\lambda})_{c,s}.n1.\sqrt{2\Delta} = 2.405$$

$$\frac{Vc_g}{Vc_s} = \frac{(\frac{a}{\lambda})_{c,g}}{(\frac{a}{\lambda})_{c,s}} = \sqrt{2} \sim 1.4$$