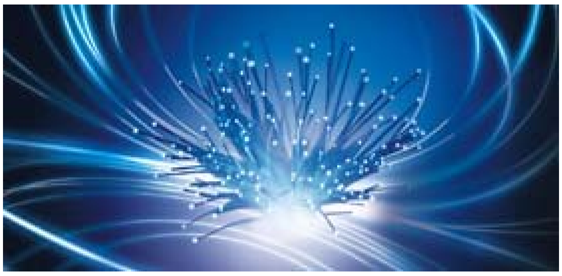
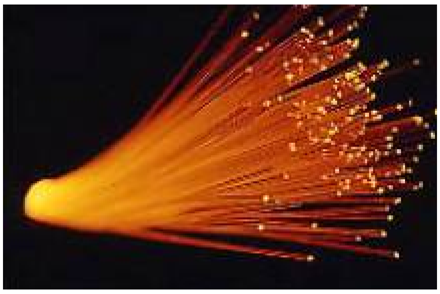
TD 6
Fibres optiques

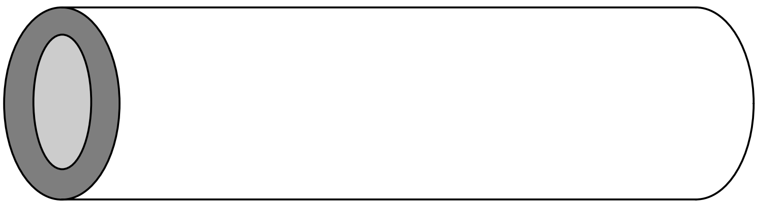




I. Approche géométrique

A. fibre optique à saut d'indice

On considère une fibre guide constituée d'un coeur de rayon a d'indice n_0 entouré d'une gaine d'indice n_1 plus faible.



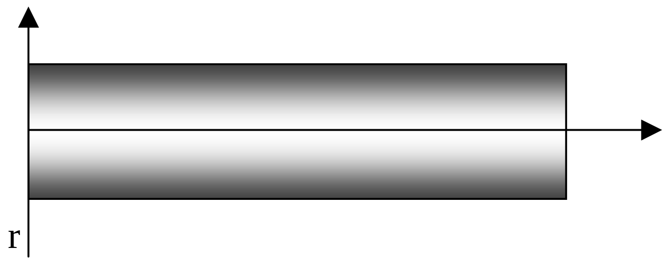
1. Un rayon lumineux est envoyé dans la fibre avec un angle θ_0. A quelle condition pour θ_0 le rayon se propage-t-il dans la fibre par réflexions successives ?
Calculer θ_0 pour n_0=1.5 et n_1=1.49

2. Dessiner le trajet suivi par un rayon incliné d'un angle θ par rapport à l'axe z. Comparer le trajet de ce rayon avec celui d'un rayon qui se propagerait le long de l'axe de la fibre.
Calculer le retard pris par un rayon par rapport à l'autre au bout d'une fibre de longueur l.
Qu'en déduit-on pour le débit possible d'impulsions lumineuses (et donc d'information) qu'on peut faire passer dans cette fibre ?
A.N : calculer le débit maximum pour une fibre avec $n_0=1.5$; $n_1=1.49$; $l=1$ *km*

B. Fibre à gradient d'indice

On considère la même fibre, mais l'indice dans le coeur n'est plus constant. Il suit la loi :

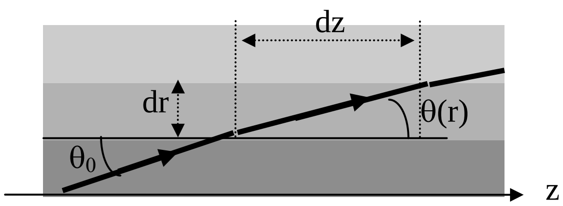
$$n(r) = n_0\sqrt{1-\Delta\frac{r^2}{a^2}}$$



1. Déterminer Δ grâce au raccordement avec la gaine en r = a.

2. Qualitativement, le retard calculé dans A.2 va-t-il être plus grand ou plus court ?

3. On cherche l'équation donnant la trajectoire du rayon lumineux définie par r(z). La loi de Descartes s'applique maintenant de façon continue, l'indice changeant continûment avec la distance à l'axe r. On considère donc un élément infinitésimal de la trajectoire du rayon :



En écrivant la loi de Descartes pour cette portion de trajectoire, trouver une relation entre n(r) et la dérivée de r(z).
En dérivant cette relation par rapport à z, établissez l'équation différentielle pour r(z).
La résoudre, et se servir des conditions aux limites pour préciser les inconnues restantes dans l'expression de r(z).

4. Calculer la période de r(z).
A.N : réutilisez les données précédentes, pour $\theta_0=6^\circ$

5. Calculer le retard défini dans A.2, puis le débit maximum possible dans ce type de fibre.

II. Approche électromagnétique

On considère un modèle de fibre optique non cylindrique, pour faciliter les calculs, c'est à dire une couche infinie de diélectrique d'indice n coincée entre deux couches d'indice n' (géométrie planaire). On cherche à caractériser la forme de l'onde électromagnétique correspondant à un champ E se propageant dans la fibre comme dans le I.

réalité cylindrique

hypothèse planaire

1. Exprimer l'équation de propagation satisfaite par le champ $\vec{E}$ dans les deux milieux d'indice n_0 et n_1 respectivement.

2. On suppose que le champ électrique est progressif selon z, de vecteur d'onde k_z et polarisé selon x. Par contre, on ne sait rien sur sa dépendance en y, qu'on notera f(y).
Ecrire l'équation satisfaite par f.

3. Quelles types de fonction f peuvent satisfaire cette équation ? Qu'attend-on comme solution pour f dans le milieu n_0 et dans le milieu n_1 respectivement ? Exprimer f en fonction de k_z, n_0, n_1, ω , c et une amplitude E_0 dans les deux milieux.

4. Déterminer le champ $\vec{B}$ dans le milieu d'indice n.

5. Toujours dans le milieu n, exprimer le vecteur de Poynting puis sa moyenne temporelle. En déduire de quelle façon l'énergie se propage dans la fibre.