

**Optique géométrique**  
**TD n°1: Lois de la réfraction et de la réflexion**

**I - Construction de Descartes d'un rayon réfracté**

On considère un dioptre plan séparant deux milieux homogènes d'indice  $n_1=1.33$  (eau) et  $n_2=1$  (air). Construire avec soin les rayons réfractés issus de rayons incidents faisant des angles de respectivement  $30^\circ$  et  $60^\circ$  avec la normale au dioptre, dans le cas où le milieu d'incidence est l'eau. Mesurer les angles de réfraction et comparer aux calculs.

► Travail personnel : reprendre les questions précédentes avec l'air comme milieu d'incidence.

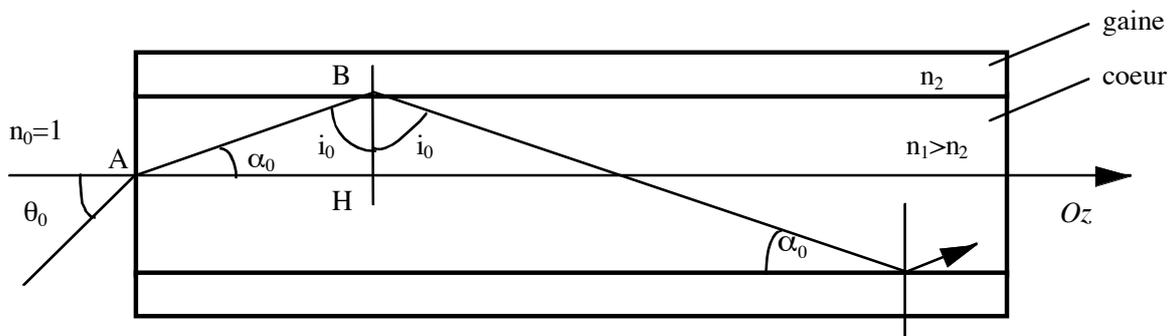
**II - lame à faces parallèles**

Une lame à faces parallèles est constituée de deux dioptres plans. La lame d'épaisseur  $e = 2$  mm et d'indice  $n = 1,6$  est placée dans l'air.

Calculer la différence de chemin optique  $L$  entre le rayon réfléchi à la surface de la lame et le rayon émergent de cette surface après avoir été réfléchi par le second dioptre, pour un angle d'incidence  $i = 30^\circ$ .

**III - Fibre optique à coeur homogène**

Une fibre optique cylindrique, d'axe  $Oz$ , comprend un coeur transparent en silice, homogène et isotrope, de rayon  $R_1 = 0,25 \mu\text{m}$ , de longueur  $d$  et d'indice  $n_1 = 1,45$ . Ce coeur est entouré d'une gaine également transparente, homogène et isotrope dont l'indice  $n_2$  est légèrement inférieur à  $n_1$  ( $n_2/n_1 = 0,99$ ). Le rayon  $R_2$  de cette gaine vaut  $0,65 \mu\text{m}$ .



**Figure 1**

- 1 La fibre est placée dans l'air ( $n_0 = 1$ ). Tracer la variation  $n(\rho)$  de l'indice en fonction de la distance  $\rho$  à l'axe.
- 2 À quelle condition la lumière se propage-t-elle à l'intérieur de la fibre ? Exprimer l'angle limite  $i_0$ , le cône d'acceptance  $2\theta_0$  (cf. figure 1) et l'ouverture numérique ( $O.N. = n_0 \sin\theta_0$ ) en fonction des indices  $n_0, n_1$  et  $n_2$ . Calculer leurs valeurs numériques.
- 3 Dans une fibre optique, la lumière peut se propager suivant plusieurs modes qui diffèrent par leur nombre de réflexions totales sur la gaine. On associe un mode de propagation à chaque valeur de l'incidence  $i$  sur la gaine, telle que  $i_0 \leq i \leq \pi/2$ . Etablir en fonction de  $n_1$  et  $n_2$  l'expression du rapport des distances correspondant aux trajectoires extrêmes (pour ce calcul, on peut se limiter au triangle AHB de la figure 1). En déduire la plus grande longueur de trajectoire  $d_{\max}$  en fonction de la longueur  $d$  de la fibre optique.

4 Calculer les chemins optiques  $L_{\min}$  et  $L_{\max}$  correspondant aux deux modes de propagation extrêmes. En déduire l'écart des durées de propagation de la lumière  $\Delta t$  (appelée dispersion modale) entre ces deux modes.

5 On injecte des impulsions lumineuses issues d'un laser à l'intérieur de la fibre. On considère que la largeur temporelle de ces impulsions à l'entrée de la fibre est négligeable (quelques ps) devant la période des impulsions. Que devient cette largeur temporelle à la sortie d'une fibre optique de longueur  $d = 1$  km ? Quelle est alors la fréquence maximale de ces impulsions pour qu'elles ne se recouvrent pas à la sortie de la fibre ?

**IV - ► Travail personnel : Exercice tiré du partiel de novembre 2005 (section chimie)**

1 Rappeler la loi décrivant la réfraction d'un rayon entre un milieu d'indice  $n_1$  et un milieu d'indice  $n_2$ . Faire un schéma précisant toutes les données. Préciser comment est défini le plan d'incidence.

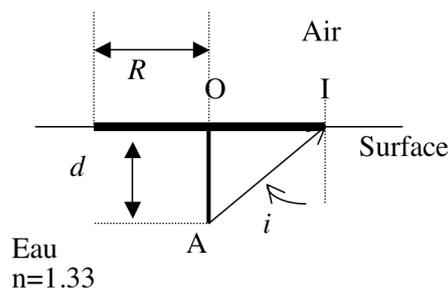
2 Dans le cas où le milieu d'incidence d'indice  $n_1$  est moins réfringent que le deuxième milieu, montrer qu'il existe un angle de réfraction  $i_{2lim}$ .

A quel angle d'incidence correspond-il ? Calculer  $i_{2lim}$  en degrés si  $n_1 = 1$  et  $n_2 = 1,33$ .

3 Dans le cas où le milieu d'incidence d'indice  $n_1$  est plus réfringent que le deuxième milieu, montrer qu'il existe un angle d'incidence  $i_{1lim}$  au-delà duquel il n'y a plus de réfraction dans le milieu d'indice  $n_2$ . Que se passe-t-il si  $i_1 > i_{1lim}$  ? Calculer  $i_{1lim}$  en degrés si  $n_1 = 1,33$  et  $n_2 = 1$ . Comparer et commenter les résultats. (**réponse**  $i_{1lim} = 48,75^\circ$ )

4 Un rayon lumineux traverse l'une des faces d'un cube en matière transparente sous une incidence de  $45^\circ$  puis rencontre une seconde face, perpendiculaire à la première. Il sort dans l'air en rasant cette face. Faire le schéma en prenant le plan de la feuille comme plan d'incidence. Calculer l'indice de la substance du cube. (**réponse**  $n = 1,22$ )

5 Un pêcheur regarde flotter sur l'eau le bouchon accroché au fil de sa canne à pêche. Le bouchon est un flotteur constitué d'un disque circulaire opaque, de rayon  $R = 5$  cm, auquel est fixé en son centre O une fine tige OA plongeant verticalement dans l'eau. Sachant que la longueur de cette tige vaut  $d = 4$  cm, montrer qu'elle est invisible par le pêcheur placé au-dessus de la surface de l'eau. Illustrer les calculs et commentaires en reprenant et complétant la figure 2.



**Figure 2**

