

## Optique géométrique

Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :

« La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. »

### Problème 1 : Fibre optique ( Extrait Epreuve B Banque PT 2013)

#### A. Lois de Descartes

On considère un dioptre plan séparant 2 milieux transparents et homogènes : le milieu (1) d'indice  $n_1$  et le milieu (2) d'indice  $n_2$ . De la lumière se propage du milieu (1) vers le milieu (2). On isole un rayon frappant le dioptre en  $I$ , et formant un angle  $i_1$  avec  $(N)$ , normale au dioptre en  $I$ . On observe l'existence d'un rayon réfléchi dans le milieu (1) formant un angle  $i'$  avec  $(N)$  et éventuellement d'un rayon réfracté formant un angle  $i_2$  avec  $(N)$ . Les angles sont non orientés.

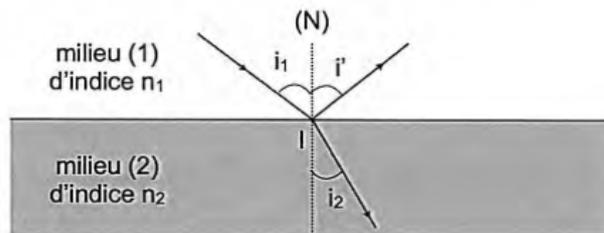


FIGURE 2 – Lois de Descartes

- I.A.1 À quelle condition peut-on considérer que la lumière est constituée de rayons lumineux indépendants ?
- I.A.2 Énoncer les lois de Descartes relatives à la réfraction et à la réflexion.
- I.A.3 Décrire le phénomène de réflexion totale : on précisera notamment la condition sur les indices et la condition sur l'angle  $i_1$ .

#### B. Fibre optique à saut d'indice

Une fibre optique est un fin cylindre de verre, capable de guider la lumière sur de longues distances. Un rayon lumineux rentrant à une extrémité de la fibre reste piégé à l'intérieur par réflexion totale interne.

Une fibre optique à saut d'indice est constitué d'un cœur cylindrique d'indice  $n_1$  d'un diamètre d'environ  $50 \mu\text{m}$ , entouré par une gaine d'indice  $n_2 < n_1$ .

- I.B.1 Montrer que tout rayon situé dans un plan contenant l'axe de la fibre et formant dans la fibre un angle  $\theta$  avec l'axe peut se propager dans le cœur en restant dans ce plan si  $\theta < \theta_c$ , avec  $\theta_c = \text{Arccos}(\frac{n_2}{n_1})$ .
- I.B.2 Que risque-t-il de se passer si on courbe trop la fibre ? On pourra illustrer au moyen d'un schéma.
- I.B.3 On définit l'ouverture numérique  $ON$  de la fibre par  $ON = n_1 \sin(\theta_c)$ .
  - I.B.3.a Montrer que  $ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ .
  - I.B.3.b On pose  $n_1 = n_2 + \delta n$  :  $\delta n$  est petit. Établir une expression approchée de  $ON$  à l'ordre le plus bas non nul.
  - I.B.3.c Évaluer  $ON$  pour  $n_1 = 1,53$  et  $n_2 = 1,50$  avec 1 chiffre significatif.

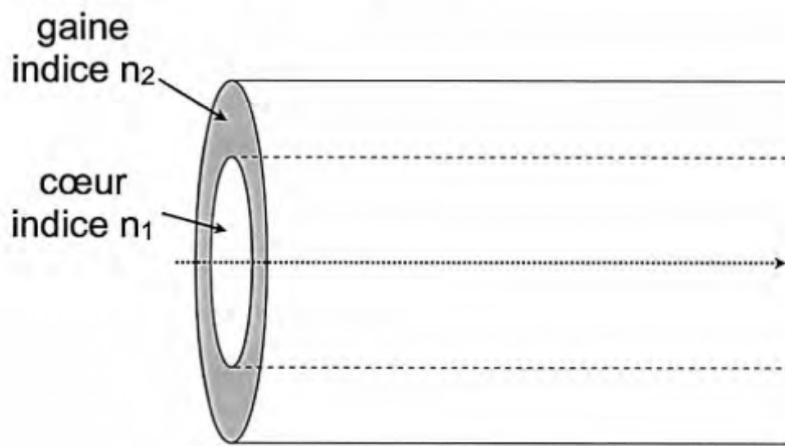


FIGURE 3 – Fibre à saut d'indice

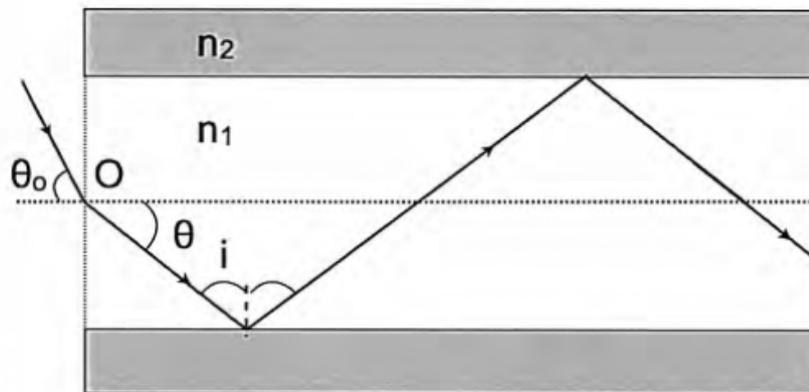


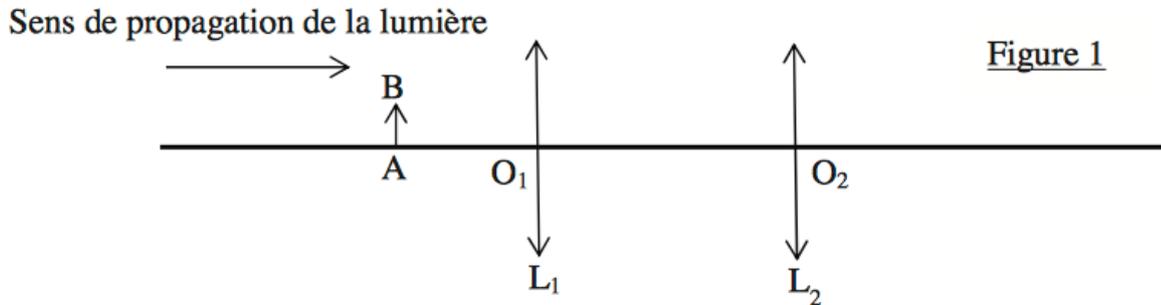
FIGURE 4 – Coupe dans le plan méridien d'une fibre à saut d'indice

**I.B.3.d** On considère que l'indice de l'air à l'extérieur de la fibre est égal à 1. Soit  $O$  le point de l'axe de la fibre situé sur le dioptre air-cœur. On note  $\theta_0$  l'angle d'incidence du rayon lumineux entrant dans la fibre en  $O$  (cf. figure 4). À quelle condition sur  $\theta_0$  le rayon se propage-t-il dans la fibre ?

## **Problème 2 : Le microscope optique ( Extrait Epreuve A Banque PT 2017)**

Le microscope est modélisé sur la figure 1, par un système de deux lentilles minces convergentes, l'une constituant l'objectif (lentille  $L_1$  de centre  $O_1$  et de distance focale image  $f'_1=5$  mm), et l'autre constituant l'oculaire (lentille  $L_2$  de centre  $O_2$  et de distance focale image  $f'_2= 15$  mm).

On fixe  $\overline{O_1O_2} = D_0 = 120$  mm . On choisit le sens positif dans le sens de propagation de la lumière.



On rappelle la relation de conjugaison d'une lentille et l'expression du grandissement  $\gamma$  :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

**A.1.1** Les relations précédentes sont valables à condition que les rayons lumineux satisfassent les conditions de Gauss. Donner ces 2 conditions.

**A.1.2** Si  $F'_1$  est le foyer image de  $L_1$  et  $F_2$  le foyer objet de  $L_2$ , on définit l'intervalle optique par la grandeur algébrique  $\Delta = \overline{F'_1F_2}$  . Exprimer  $\Delta$  en fonction de  $f'_1$ ,  $f'_2$ ,  $D_0$ , puis calculer sa valeur.

**A.1.3** Un objet réel AB perpendiculaire à l'axe optique est éclairé et placé à une distance  $d$  de  $L_1$ , à sa gauche, de façon à ce que l'image  $A'B'$  donnée par l'objectif, appelée image intermédiaire se trouve dans le plan focal objet de l'oculaire. L'observation se fait à l'œil placé au contact de l'oculaire.

**A.1.3.1** Exprimer  $d$  en fonction de  $f'_1$  et  $\Delta$ , puis calculer sa valeur.

**A.1.3.2** Exprimer le grandissement  $\gamma_1$  induit par l'objectif en fonction de  $f'_1$  et  $\Delta$ , puis calculer sa valeur.

**A.1.3.3** Quel est l'intérêt pour l'observateur de cette position de l'objet ?

**A.1.3.4** Faire une construction géométrique faisant apparaître l'objet, l'image intermédiaire, ainsi que l'angle  $\alpha'$  sous lequel est observée l'image finale à travers le microscope.

**A.1.4** Le grossissement commercial du microscope est défini par  $G = \left| \frac{\alpha'}{\alpha} \right|$  où  $\alpha$  est l'angle sous lequel serait vu l'objet à l'œil nu placé à une distance  $D = 250$  mm.

L'objet étant de très petite taille, ces deux angles seront bien sûr très faibles.

Exprimer  $G$  en fonction de  $\Delta$ ,  $D$ ,  $f'_1$  et  $f'_2$ , puis calculer sa valeur.