

## 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. »

Données :

- Relation de conjugaison avec origine au sommet :  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$  et grandissement :  $\gamma \equiv \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$  (notations usuelles).
- Relation de conjugaison avec origine au foyer :  $\overline{F'A'} \overline{FA} = f f' = -f'^2$  et grandissement :  $\gamma = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}}$

### Problème 1 : Le grossissement en optique, étude d'une lunette astronomique ( Extrait du concours commun des « petites mines », 2004 )

On considère une lunette astronomique formée :

- d'un objectif constitué d'une lentille mince convergente  $L_1$  de distance focale  $f'_1 = \overline{O_1F'_1} > 0$ .
- d'un oculaire constitué d'une lentille mince convergente  $L_2$  de distance focale  $f'_2 = \overline{O_2F'_2} > 0$ .

Ces deux lentilles ont même axe optique  $\Delta$ .

On rappelle qu'un œil normal voit un objet sans accommoder quand celui-ci est placé à l'infini.

On souhaite observer la planète Mars, qui est vue à l'œil nu sous un diamètre apparent  $\alpha$ .

1. Pour voir la planète nette à travers la lunette, on forme un système afocal.
  - a. Que cela signifie-t-il ? Que cela implique-t-il pour les positions des lentilles ?
  - b. Faire le schéma de la lunette en prenant  $f'_1 = 5f'_2$ .  
Dessiner sur ce schéma la marche à travers la lunette d'un faisceau lumineux formé de rayons issus de l'étoile. On appellera  $\overline{A'B'}$ , l'image intermédiaire.
  - c. On souhaite photographier cette planète. Où faut-il placer la pellicule ?
  
2. On note  $\alpha'$ , l'angle que forment les rayons émergents extrêmes en sortie de la lunette.
  - a. L'image est-elle droite ou renversée ?
  - b. La lunette est caractérisée par son grossissement  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ . Exprimer  $G$  en fonction de  $f'_1$  et  $f'_2$ .
  - c. Le principal défaut d'une lentille est appelé défaut d'aberrations chromatiques : expliquer brièvement l'origine de ce défaut et ses conséquences. Pour quelle raison un miroir n'a-t-il pas ce défaut ?

3. On veut augmenter le grossissement de cette lunette et redresser l'image. Pour cela, on interpose entre  $L_1$  et  $L_2$ , une lentille convergente  $L_3$  de distance focale  $f'_3 = \overline{O_3F'_3} > 0$ . L'oculaire  $L_2$  est déplacé pour avoir de la planète une image nette à l'infini à travers le nouvel ensemble optique.
- Quel couple de points doit conjuguer  $L_3$  pour qu'il en soit ainsi ?
  - On appelle  $\gamma_3$ , le grossissement de la lentille 3. En déduire  $\overline{O_3F'_1}$  en fonction de  $f'_3$  et  $\gamma_3$ .
  - Faire un schéma. (On placera  $O_3$  entre  $F'_1$  et  $F_2$ , et on appellera  $\overline{A'B'}$  la première image intermédiaire et  $\overline{A''B''}$ , la seconde image intermédiaire).
  - En déduire le nouveau grossissement  $G'$  en fonction de  $\gamma_3$  et  $G$ . Comparer à  $G$ , en norme et en signe.

## **Problème 2 : Fibre optique ( Extrait du concours E4A, 2000 )**

### **FIBRES OPTIQUES ET OPTIQUE GEOMETRIQUE**

#### **I.A Lois DE SNELL-DESCARTES**

*On considère un dioptre de surface  $S$ , séparant deux milieux homogènes, d'indices de réfraction différents  $n_1$  et  $n_2$ . Un rayon lumineux rectiligne, incident dans le milieu 1, tombant sur le dioptre en un point  $I$ , donne naissance à un rayon réfléchi dans le milieu 1 et à un rayon réfracté dans le milieu 2.*

*Soit  $\vec{N}$  le vecteur normal à  $S$  en  $I$ , dont le sens est défini de 2 vers 1. Le plan d'incidence est le plan défini par le rayon lumineux et  $\vec{N}$ , et l'angle d'incidence est l'inclinaison du rayon incident sur la normale à la surface.*

**I.A.1** Enoncer les lois définissant le rayon réfléchi.

**I.A.2** Enoncer les lois définissant le rayon réfracté.

#### **I.B Fibre optique à saut d'indice**

*Soit une fibre optique  $F$  constituée d'un cœur cylindrique de rayon  $a$  et d'indice  $n_1$ , entouré d'une gaine d'indice  $n_2$  inférieur à  $n_1$  et de rayon extérieur  $b$ . Les faces d'entrée et de sortie sont perpendiculaires au cylindre d'axe  $Oz$  formé par la fibre. L'ensemble, en particulier la face d'entrée, est en contact avec un milieu d'indice  $n_0$  et pour les applications numériques on supposera que ce milieu est de l'air pour lequel  $n_0 = 1$ .*

**I.B.1** « Zigzag » plan

Un rayon lumineux  $SI$  arrive en un point  $I$  sur la face d'entrée de la fibre. A quelle(s) condition(s) d'incidence ce rayon a-t-il, dans la fibre, un trajet plan ?

On considère un rayon  $SI$  incident sur le cœur et contenu dans le plan  $Oxz$  (Figure 1). On appelle  $i$  l'angle d'incidence et  $\theta$  l'angle de la réfraction sur la face d'entrée de la fibre.

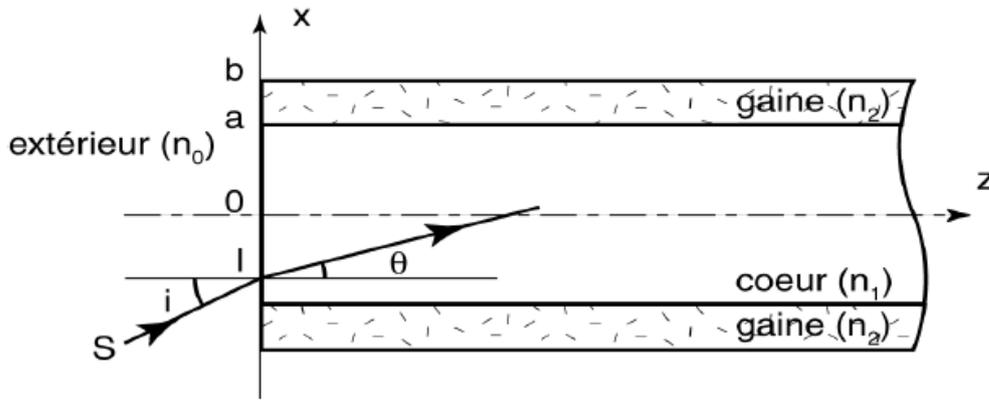


Figure 1

**I.B.2** Déterminer en fonction de  $n_0$ ,  $n_1$  et  $n_2$  la condition que doit satisfaire  $i$  pour que le rayon réfracté ait une propagation guidée dans le cœur. La valeur maximale de  $i$  est alors désignée par  $i_a$  (angle d'acceptance de la fibre).

**I.B.3** On appelle ouverture numérique (O.N.) du guide la quantité  $O.N. = n_0 \sin i_a$ . Exprimer O.N. en fonction de  $n_1$  et  $n_2$ .

**I.B.4** Calculer  $i_a$  et O.N. pour une fibre d'indices  $n_1 = 1,456$  (silice) et  $n_2 = 1,410$  (silicone). Quelle serait la valeur de ces grandeurs pour un guide à base d'arséniure de gallium pour lequel  $n_1 = 3,9$  et  $n_2 = 3,0$  ? Commentaires.

*L'atténuation de la lumière dans les fibres optiques est due à l'absorption et à la diffusion par le matériau constitutif du cœur et par ses impuretés ( $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $OH^-$ ). Elle se mesure en décibels par km :*

$$A_{dB/km} = \frac{10}{\ell_{(km)}} \log_{10} \left| \frac{\phi_1}{\phi_2} \right|$$

où  $\phi_1$  et  $\phi_2$  désignent les flux lumineux dans les plans de front successifs 1 et 2 distants de  $\ell$ .

**I.B.5** On parvient couramment à réaliser des fibres dans lesquelles le flux, après un parcours de 50 km, représente 10 % du flux incident. Calculer l'atténuation de telles fibres.

### **Exercice bonus: Correction d'un œil myope ( Extrait du cours 😊 )**

Un œil myope a son *Ponctum Remotum* (PR) situé à 17 cm et son *Ponctum Proximum* (PP) à 12 cm. On suppose que la lentille se trouve à 2 cm de l'œil .

- Quelle est la vergence de la lentille correctrice nécessaire pour permettre à cet œil de voir un objet très éloigné correctement ?
- Après correction, à quelle distance se situe son PP ?