

**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. »

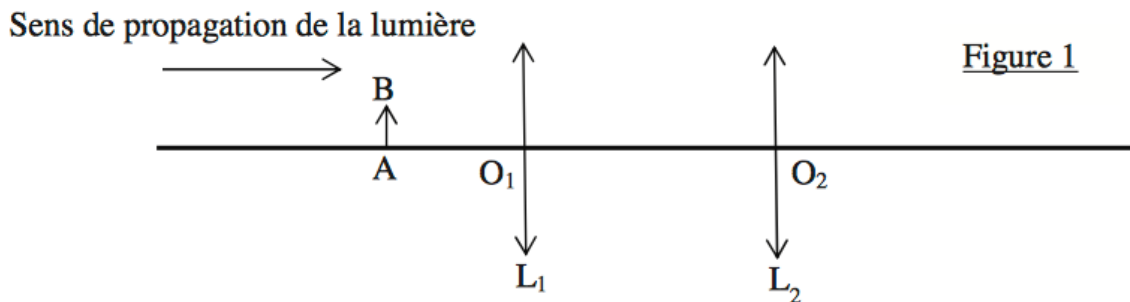
Données :

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

**Exercice 1: Le microscope optique (extrait Banque PT)**

Le microscope est modélisé sur la figure 1, par un système de deux lentilles minces convergentes, l'une constituant l'objectif (lentille L<sub>1</sub> de centre O<sub>1</sub> et de distance focale image f'<sub>1</sub>=5 mm), et l'autre constituant l'oculaire (lentille L<sub>2</sub> de centre O<sub>2</sub> et de distance focale image f'<sub>2</sub>= 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  $\gamma$  :

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

**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'<sub>1</sub> est le foyer image de L<sub>1</sub> et F<sub>2</sub> le foyer objet de L<sub>2</sub>, on définit l'intervalle optique par la grandeur algébrique  $\Delta = \overline{F'_1F_2}$ . Exprimer  $\Delta$  en fonction de f'<sub>1</sub>, f'<sub>2</sub>, D<sub>0</sub>, 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<sub>1</sub>, 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'<sub>1</sub> et  $\Delta$ , puis calculer sa valeur.

**A.1.3.2** Exprimer le grandissement  $\gamma_1$  induit par l'objectif en fonction de f'<sub>1</sub> 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.

## **Problème 2 : Le grossissement en optique, étude d'une lunette astronomique (extrait du concours commun des « petites mines »)**

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.
  - a. Quel couple de points doit conjuguer  $L_3$  pour qu'il en soit ainsi ?
  - b. On appelle  $\gamma_3$ , le grandissement de la lentille 3. En déduire  $\overline{O_3F'_1}$  en fonction de  $f'_3$  et  $\gamma_3$ .
  - c. 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).
  - d. En déduire le nouveau grossissement  $G'$  en fonction de  $\gamma_3$  et  $G$ . Comparer à  $G$ , en norme et en signe.