

### Ex. 13 Introduction au microscope

Un microscope simplifié est constitué de deux lentilles minces convergentes : une lentille d'entrée  $L_1$  (objectif) et une lentille  $L_2$  (oculaire). Leurs distances focales respectives sont  $f'_1 = 5 \text{ mm}$  et  $f'_2 = 20 \text{ mm}$ . La distance  $\Delta$  séparant le foyer image de  $L_1$  et le foyer objet de  $L_2$  est appelé intervalle optique.

On prendra ici  $\Delta = F'_1 F_2 = 17 \text{ mm}$ .

Le microscope est réglé de manière à limiter la fatigue visuelle de l'utilisateur : l'image  $A'B'$  définitive se situe donc à l'infini. L'œil de l'observateur est proche du foyer image de l'oculaire.

a) En utilisant les relations de conjugaison déterminer la position de l'objet à observer.

b) Faire une construction géométrique soignée pour un objet  $AB$  perpendiculaire à l'axe optique et tracer la marche d'un faisceau lumineux issu de  $B$ .

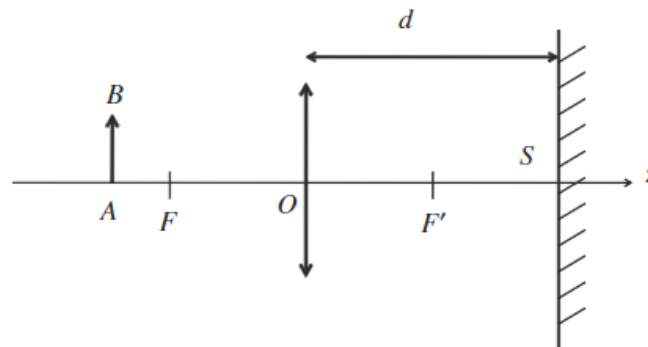
c) Calculer le grandissement de l'objectif.

d) Exprimer l'angle  $\alpha'$  sous lequel est vue l'image définitive en fonction de  $\Delta, f'_1, f'_2$  et  $AB$ .

e) L'observation à l'œil nu de l'objet à la distance minimale de vision nette  $d_m = 25 \text{ cm}$  est faite sous un angle  $\alpha$ . Déterminer le grossissement commercial

$G_C = \frac{\alpha'}{\alpha}$  du microscope. En déduire la puissance intrinsèque du microscope définie par le rapport  $\frac{G_C}{d_m}$ .

Une lentille mince convergente  $L$  a pour centre  $O$ , pour foyer objet  $F$  et pour foyer image  $F'$ . Sa distance focale est  $f'$ . Un miroir plan  $M$  centré en  $S$  sur l'axe optique  $Oz$  de la lentille est disposé parallèlement à celle-ci à la distance  $d = 2f'$ .



On comptera positivement les grandeurs algébriques dans le sens de la lumière incidente.

1. Un objet  $AB$  perpendiculaire à l'axe optique est disposé à  $p = \overline{OA}$ . Soit  $A_1B_1$  son image après traversée de la lentille et réflexion sur le miroir. Calculer  $\overline{OA_1}$  en fonction de  $p$  et  $f'$ .

2. Soit  $A_2B_2$  l'image définitive de  $AB$  après retransmission de la lentille. Montrer que  $\overline{OA_2}$  est tel que  $\overline{OA_2} = -\frac{f'(3p + 4f')}{2p + 3f'}$ .

3. Trouver la condition (équation du second degré en  $p$ ) à laquelle satisfait  $p$  lorsqu'il correspond à deux points de l'axe dits points de Bravais pour lesquels l'image  $A_2B_2$  est dans le même plan que l'objet  $AB$ . Sachant que  $f' = 10 \text{ cm}$ , trouver numériquement ces valeurs  $p_1$  et  $p_2 > p_1$ .

4. Dans le cas d'une position quelconque de l'objet, déterminer le grandissement  $\gamma$  du système en fonction de  $p$  et  $f'$ .

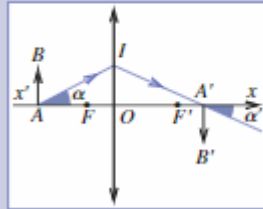
5. Calculer numériquement ce grandissement pour les deux points de Bravais.

## 6 Invariant de Lagrange-Helmholtz

Considérons le schéma ci-contre. Montrer que :

$$\overline{AB}\alpha = \overline{A'B'}\alpha',$$

les diverses grandeurs étant définies algébriquement.



## 15 Élargisseurs de faisceau

Un faisceau lumineux quasi parallèle de diamètre  $d = 2 \text{ mm}$  est issu d'une source laser. On désire multiplier ce diamètre par 10.

- 1) L'élargisseur utilise une lentille mince divergente et une lentille mince convergente pour laquelle  $f_2 = 50 \text{ mm}$ . Calculer  $f_1$ . Faire un schéma du dispositif. Quelle distance sépare les deux lentilles ?
- 2) Les deux lentilles sont convergentes et  $f_2 = 50 \text{ mm}$ . Reprendre les questions précédentes.

## 9 Lunette terrestre

Une lunette est formée :

- d'un objectif assimilable à une lentille mince convergente de distance focale  $f_1 = 20 \text{ cm}$  ;
  - d'un oculaire assimilable à une lentille mince convergente de distance focale  $f_2 = 2 \text{ cm}$  ;
  - d'une lentille mince supplémentaire convergente de distance focale  $f_3 = f_2 = 2 \text{ cm}$ , placée entre l'objectif et l'oculaire à une distance  $d = 22,5 \text{ cm}$  de l'objectif.
- On désire observer un objet très éloigné sans accommoder, l'observateur ayant un œil normal.
- 1) À quelle distance de l'objectif doit-on placer l'oculaire pour que l'observateur puisse voir l'image à l'infini ?
  - 2) Dessiner, dans ce cas, la marche d'un faisceau lumineux.
  - 3) Quel est l'intérêt d'avoir ajouté une lentille supplémentaire par rapport à une lunette astronomique constituée d'un objectif et d'un oculaire ?
  - 4) Quel est le grossissement de cette lunette ?

### 3. Étude d'une lunette

D'après oral CCP

Une lunette astronomique (dite de Kepler) se modélise par deux lentilles convergentes de même axe optique  $\Delta$ , une de focale  $f_1$  et l'autre de focale  $f_2 = \frac{f_1}{30}$ .

- a) On désire, pour une observation d'étoiles sans accommodation de l'œil, les associer en un système afocal. Expliquer ce que cela signifie.
- b) Un rayon arrive sur la lunette du côté de la lentille  $L_1$ , incliné d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'axe optique. Il ressort de la lunette incliné d'un angle  $\beta$ . Évaluer le grossissement  $G = \frac{\beta}{\alpha}$  de la lunette ( $\alpha$  et  $\beta$  sont des angles orientés).
- c) Expliquer quelle lentille modélise l'oculaire et laquelle modélise l'objectif.
- d) Dans une lunette de Galilée, l'objectif  $L_2$  est une lentille divergente de focale  $f_2'$ . Comment placer les deux lentilles l'une par rapport à l'autre pour que le système soit afocal ? Évaluer alors son grossissement  $G'$ .
- e) Comparer les deux lunettes.

### 1. Observation d'étoiles

D'après oral Banque PT

- a) Une étoile est considérée comme ponctuelle et à l'infini. Que dire des rayons nous arrivant de cette étoile ?
- b) On observe une étoile double séparée par  $\alpha = 3'$  d'arc avec une lunette (sommairement modélisée par une lentille de focale  $f' = 50$  cm). On vise la direction au milieu des deux étoiles. Que voit-on et où ? On fera des constructions géométriques.
- c) On observe la Lune de diamètre angulaire  $\beta = 31'$  d'arc. Même question.

### 7. Projection de taille maximale

D'après oral Centrale-Supélec

On cherche à projeter un objet de manière à ce que la projection ait la plus grande taille. Pour cela, on dispose de lentilles de focales  $\pm 10$  cm,  $\pm 15$  cm et 20 cm. Pour des raisons d'encombrement, la distance entre l'objet et la lentille est supérieure à 25 cm, et on ne dispose au maximum que d'une distance objet-image de 2 m.

Comment procéder pour obtenir un grandissement maximal, et lequel peut-on atteindre ? Les associations de lentilles ne sont pas autorisées.