

Physique I - 2007

Partie C

Optique géométrique

Les lentilles sphériques minces, considérées dans cette partie et notées (L_i), sont utilisées dans le cadre de l'approximation de Gauss. Chaque lentille (L_i) est caractérisée par son centre optique O_i et par sa distance focale image f'_i . Les foyers objet et image sont notés respectivement F_i et F'_i .

La formule de conjugaison de Descartes (1) précise la position, sur l'axe optique, des points conjugués A et A' :

$$\frac{1}{\overline{O_i A'}} - \frac{1}{\overline{O_i A}} = \frac{1}{f'_i} \quad (1)$$

La formule de conjugaison de Newton (2) précise la position des points A et A' par rapport aux foyers :

$$\overline{F_i A} \cdot \overline{F'_i A'} = -f_i'^2 \quad (2)$$

I. Étude de la lentille convergente (L_1)

On choisit un point A sur l'axe optique d'une lentille convergente (L_1), et un objet AB orthogonal à l'axe, tels que $0 < \overline{O_1 A} < f'_1$.

- 1) Quelle est la nature (réelle ou virtuelle) de l'objet AB ?
- 2) Présenter une construction géométrique de $A'B'$, image de cet objet AB à travers (L_1).
- 3) Quelle est la nature (réelle ou virtuelle) de l'image $A'B'$?
- 4) Proposer, en complétant le schéma précédent (§ C.I.2), un moyen physique d'obtention de l'objet AB .
- 5) *Application numérique.* $f'_1 = +10,0$ cm ; $\overline{O_1 A} = +15,0$ cm.
Calculer $\overline{O_1 A'}$.

II. Principe du microscope

Un montage sur banc optique, permettant d'illustrer le principe du microscope, comprend la lentille (L_1) précédente et une seconde lentille convergente (L_2). Ce montage est réalisé dans le but d'examiner un objet AB lumineux, de petites dimensions. Le point objet réel A est choisi sur l'axe optique commun aux deux lentilles, en avant de l'objectif (L_1), et l'objet AB est orthogonal à l'axe (figure 5).

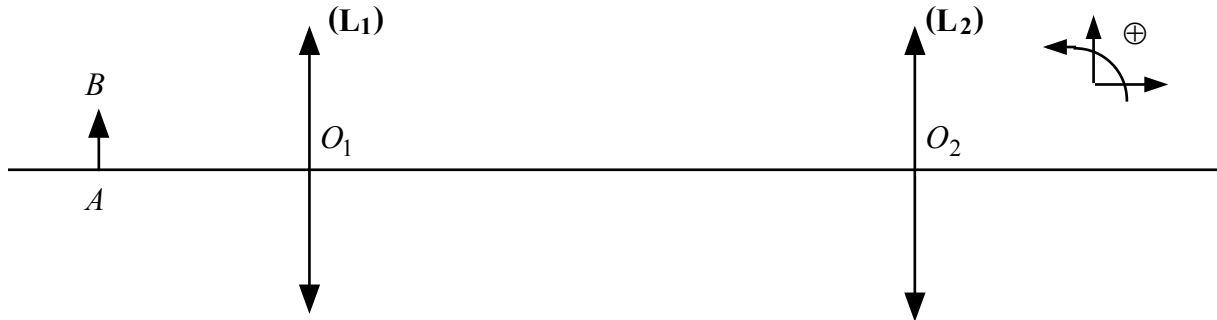


Figure 5

L'appareil permet donc d'observer, à la loupe (L_2) (oculaire), l'image agrandie A_1B_1 de l'objet AB donnée par l'objectif, soit :

$$AB \xrightarrow{(L_1)} A_1B_1 \xrightarrow{(L_2)} A'B'$$

Le système est réglé pour qu'un œil normal (œil emmétrope) n'ait pas à accommoder lorsqu'il observe, à travers l'instrument, l'image finale $A'B'$ de AB .

- 1) Exprimer, en fonction de f'_1 et $\overline{O_1A}$, le grandissement linéaire défini par $\gamma_1 = \overline{A_1B_1} / \overline{AB}$.
- 2) Où l'objet AB doit-il se placer pour que son image A_1B_1 , à travers (L_1) soit réelle et agrandie ?
- 3) Un expérimentateur peut-il observer une image réelle directement à l'œil nu ?
- 4) Où faut-il placer l'oculaire (L_2) pour que l'œil puisse observer l'image $A'B'$ de A_1B_1 à travers (L_2) sans accommoder ?
- 5) L'oculaire est situé dans la position déterminée à la question précédente (§ C.II.4). Tracer la marche d'un faisceau lumineux issu du point B , qui est reçu par l'œil d'un observateur situé derrière l'oculaire.
- 6) *Application numérique.* $f'_1 = +10,0$ cm ; $f'_2 = +4,0$ cm ; $\overline{O_1A} = -11,0$ cm ; $\overline{AB} = +0,1$ cm.
 - 6.1 Calculer la distance $\overline{O_1O_2}$.
 - 6.2 Calculer le grandissement linéaire γ_1 .
 - 6.3 Calculer α' , le diamètre apparent de l'image finale $A'B'$, c'est-à-dire l'angle sous lequel l'observateur voit cette image finale.
 - 6.4 Comparer cet angle α' au diamètre apparent α_{ref} , angle sous lequel l'observateur verrait l'objet AB , sans instrument, à la distance conventionnelle $d_m = 25$ cm. Calculer le grossissement G de ce dispositif ($G = \frac{\alpha'}{\alpha_{ref}}$).

III. Principe du téléobjectif

La lentille (L_1) est maintenant utilisée comme lentille frontale dans un téléobjectif d'appareil photographique. (L_1) est associée à une lentille divergente (L_3) dans le but de photographier un objet AB lumineux situé à l'infini. Le point objet réel A est choisi sur l'axe optique commun aux

deux lentilles, et l'objet AB est orthogonal à l'axe. Le système est réglé pour que l'image finale $A'B'$ de AB se forme sur une plaque sensible (\mathbf{P}) orthogonale à l'axe et repérée par la position du point P , intersection de l'axe avec la plaque (figure 6) :

$$AB \xrightarrow{(L_1)} A_1B_1 \xrightarrow{(L_3)} A'B' \text{ sur } (\mathbf{P})$$

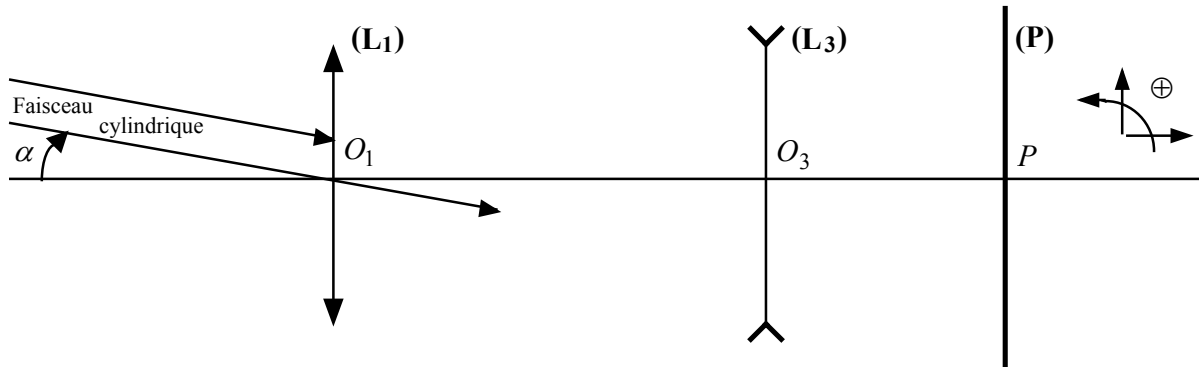


Figure 6

- 1) L'appareil est initialement dérégulé et rendu afocal : l'image $A'B'$ est renvoyée à l'infini. Déterminer, en fonction de f'_1 et f'_3 , la distance $\overline{O_1O_3}$.
- 2) Pour régler l'appareil, donc, par conséquent, pour que l'image définitive $A'B'$ se forme sur la plaque (\mathbf{P}), faut-il écarter ou rapprocher les deux lentilles l'une de l'autre ?
- 3) Recopier la figure 6, et la compléter en traçant, lorsque l'appareil est réglé, la marche d'un faisceau lumineux, cylindrique, incident, issu de B (situé à l'infini) et incliné d'un petit angle α sur l'axe. Préciser, sur ce schéma, la position de l'image finale B' .
- 4) *Application numérique.* $f'_1 = +10,0$ cm ; $f'_3 = -3,0$ cm ; $\overline{O_3P} = +10,0$ cm ; $\alpha = -10^{-1}$ rad.
 - 4.1 Déterminer la position de la lentille (\mathbf{L}_3) en calculant la distance $\overline{F_1F_3}$.
 - 4.2 Calculer la taille $\overline{A'B'}$ de l'image portée sur la plaque (\mathbf{P}).

Fin de l'énoncé