
TRAVAUX DIRIGÉS D'OPTIQUE 2 :

Lentilles minces et association

École Centrale Pékin

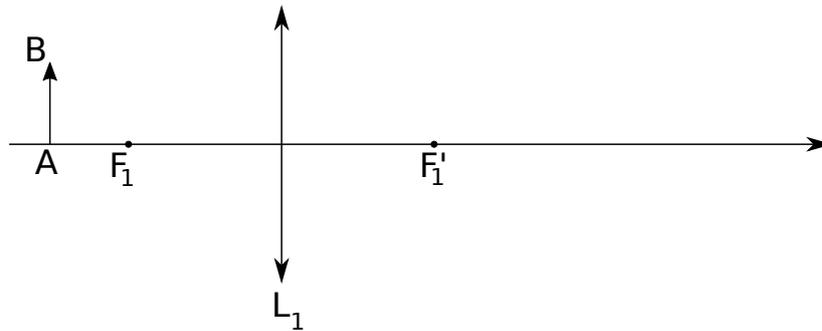
Année 3

APPLICATION DU COURS

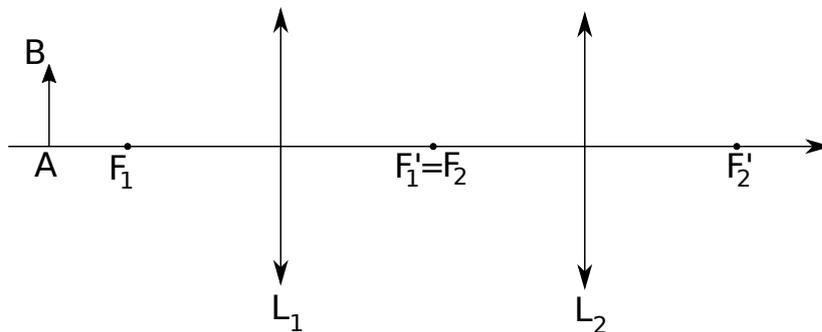
EXERCICE 1 : Doublet de lentilles convergentes

On étudie une association de deux lentilles convergentes L_1 et L_2 de même distance focale f' .

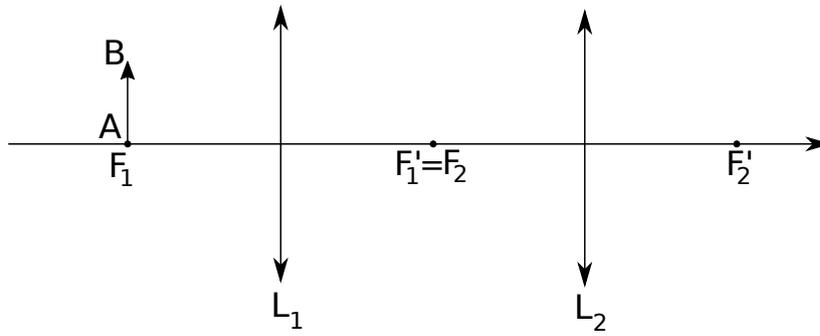
1. L'objet AB est placé comme sur la figure ci-dessous. Tracez sur la figure l'image A_1B_1 de AB par L_1 . On note $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1$. Est-ce une image réelle ou virtuelle ?



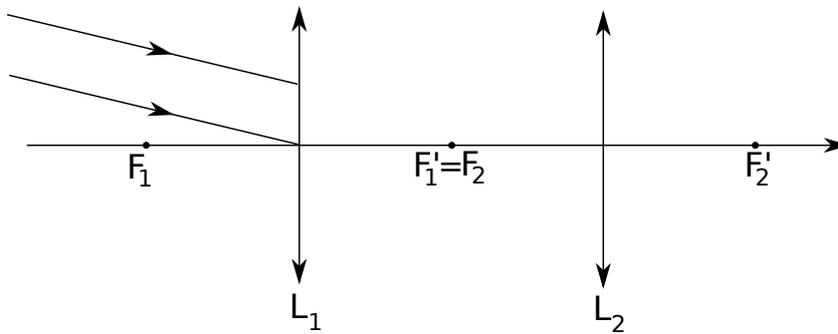
2. On place le foyer objet de L_2 au foyer image de L_1 . A_1B_1 devient l'objet pour L_2 . On note $A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$. Tracez l'image A_2B_2 . Est-ce une image réelle ou virtuelle ?



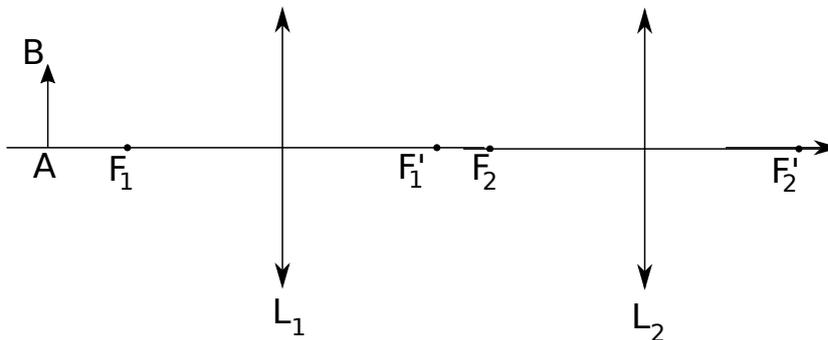
3. Où placer L_2 par rapport à L_1 afin d'avoir A_2B_2 à l'infini ? On donnera la position $\overline{O_1O_2}$ en fonction de f' et de la position $\overline{O_1A}$ de l'objet AB par rapport à la lentille L_1 .
4. On place AB est dans le plan focal objet de L_1 . Construire l'image A_2B_2 .

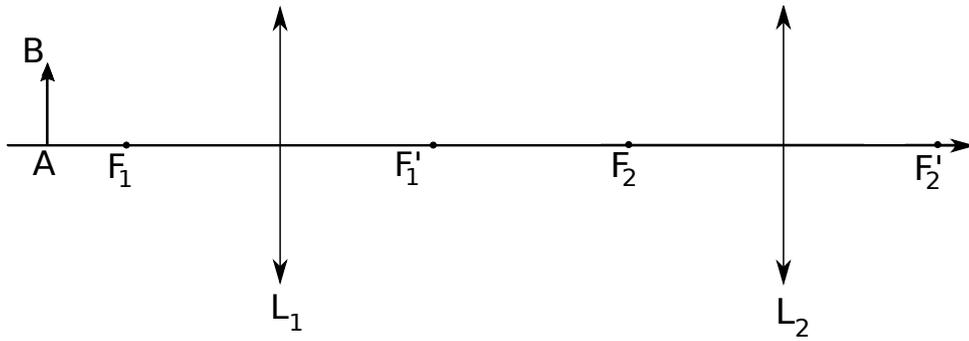


5. On place maintenant l'objet à l'infini. Construire l'image A_2B_2 .

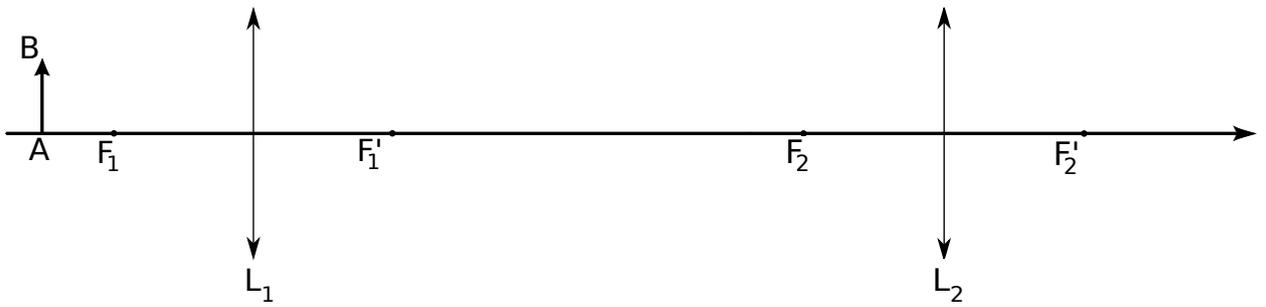


6. Si on place L_2 de sorte que F_2 soit à gauche de A_1 , où est l'image A_2B_2 ? Est-elle virtuelle ou réelle? Discutez les différents cas sur les figures suivantes.





7. Si on place L_2 de sorte que F_2 soit à droite de A_1 , où est l'image A_2B_2 ? Est-elle virtuelle ou réelle?



S'ENTRAÎNER

EXERCICE 2 : Étude du microscope

Le microscope est un instrument d'optique qui permet l'observation d'objets ou de détails trop petits pour être visualisés à l'œil nu (cellule, cristaux, etc...). Il est constitué de différents éléments permettant l'observation comme indiqué sur la figure ??.

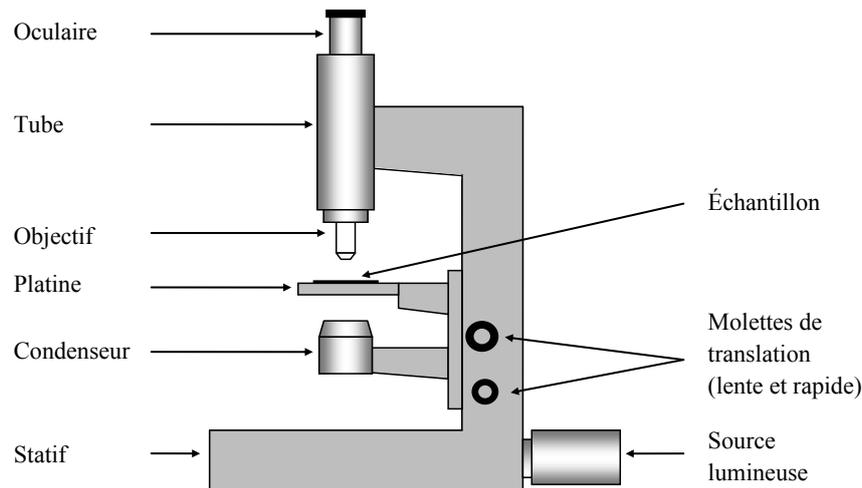


FIGURE 1 – Schéma d'ensemble d'un microscope optique

Le microscope optique porte les indications suivantes en valeur absolue :

- sur son objectif (voir figure ??) : $\times 40$;
- sur l'oculaire (voir figure ??) : $\times 10$;
- intervalle optique $\Delta = 16$ cm.

La signification de ces indications sera précisée dans la suite.



FIGURE 2 – Objectif de microscope



FIGURE 3 – Oculaire de microscope

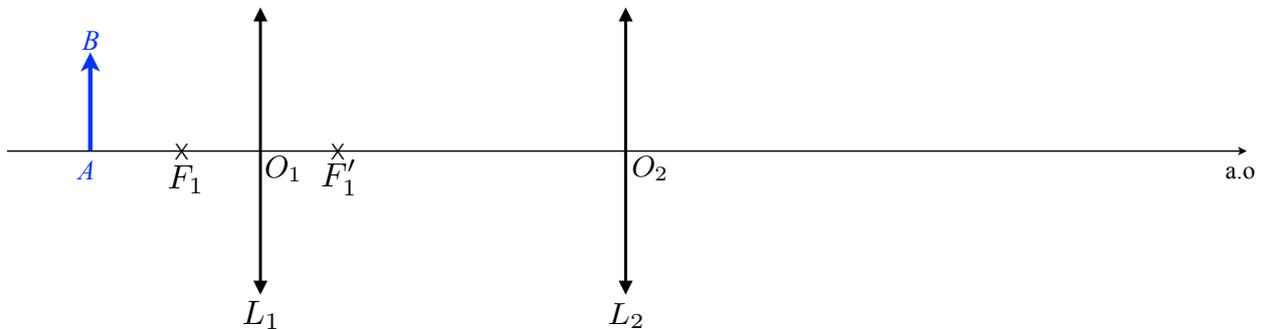
Le microscope sera modélisé par deux lentilles minces convergentes (\mathcal{L}_1) et (\mathcal{L}_2) de même axe optique et de centres optiques respectifs O_1 et O_2 . Il est réglé pour donner une image à l'infini d'un objet réel AB , perpendiculaire à l'axe optique, A étant placé sur l'axe, légèrement en avant du foyer objet de l'objectif (\mathcal{L}_1). Cette image est observée par un œil emmétrope (normal sans défaut) placé au voisinage du foyer image de l'oculaire (\mathcal{L}_2).

On rappelle que l'œil nu voit nettement des objets situés entre la distance $d_m = 25$ cm (*Punctum Proximum*) et l'infini (*Punctum Remotum*).

1. Questions préliminaires :

- On se place dans les conditions de l'approximation de GAUSS d'utilisation des lentilles. Rappeler en quoi consistent ces conditions. Indiquer les précautions expérimentales à prendre afin de se placer dans ces conditions. Donner l'intérêt pratique à respecter ces conditions.
- Rappeler ce que signifie "régler un instrument d'optique à l'infini" et l'intérêt que présente ce réglage pour l'observateur.

2. **Dispositif et construction de rayons :** Sur le schéma du dispositif ci-dessous, tracer soigneusement la marche (le trajet) de 2 rayons lumineux issus du point B de l'objet AB , l'un émis parallèlement à l'axe optique, l'autre passant par F_1 foyer objet de la lentille \mathcal{L}_1 de centre optique O_1 . Placer les foyers objets F_2 et image F'_2 de la lentille \mathcal{L}_2 pour que l'instrument soit réglé à l'infini. On notera $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A'B'$.



3. Grossissement du microscope :

- L'indication notée sur l'oculaire ($\times 10$) est la valeur absolue du *grossissement commercial*, c'est-à-dire le rapport de l'angle α' sous lequel on voit l'image à l'infini d'un objet à travers l'oculaire seul et l'angle α_1 sous lequel on voit ce même objet à l'œil nu lorsqu'il est situé à la distance minimale de vision distincte d_m . Déterminer f'_2 , distance focale image de l'oculaire.
- L'*intervalle optique* Δ correspond à la distance $\overline{F'_1F_2}$. La valeur absolue du grandissement de l'objet AB par l'objectif est : $\times 40$. Calculer f'_1 , distance focale image de la lentille équivalente à l'objectif.
- Calculer, dans le cas d'une image finale à l'infini, le grossissement commercial du microscope.

4. Puissance du microscope :

- Rappeler la définition de la puissance P_m d'un instrument d'optique et son unité.
- Donner la relation entre la puissance du microscope, le grandissement de l'objectif et la distance focale de l'oculaire. Évaluer numériquement la puissance P_m .

5. Latitude de mise au point :

- Déterminer la distance $\overline{O_1A}$ pour obtenir une image à l'infini en sortie du microscope.
- Déterminer la *latitude de mise au point*, c'est-à-dire l'ensemble des positions de A compatibles avec une vision nette de l'image finale par l'observateur dont l'œil est au foyer image de l'oculaire. Interpréter le résultat obtenu. Commenter sa valeur numérique.
- Pour un intervalle optique Δ fixé et un oculaire donné, indiquer l'évolution de cette latitude avec la puissance du microscope (modifiable en changeant d'objectif)

6. **Diaphragmes du microscope :** Des diaphragmes circulaires d'ouverture D_O et de champ D_C sont placés respectivement dans le plan focal image de \mathcal{L}_1 et dans le plan focal objet de \mathcal{L}_2 . Leurs rayons sont notés respectivement R_{DO} et R_{DC} avec $R_{DO} = 8,0$ mm.

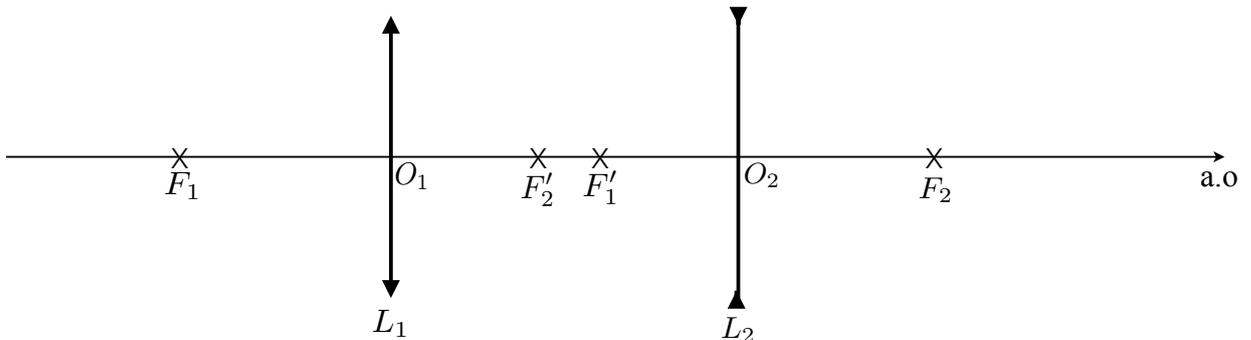
- Sur le schéma fait à la question 2, placer les deux diaphragmes et tracer les rayons extérieurs (on dit "extrêmes" ou "marginiaux") issus du point objet A passant par les bords du diaphragme d'ouverture D_O . En déduire le rôle du diaphragme d'ouverture.
- Le cercle oculaire de centre C , est l'image du diaphragme d'ouverture D_O à travers l'oculaire. Déterminer sa position par rapport à F'_2 en fonction de f'_2 et Δ . Déterminer également la taille du cercle oculaire. Quel est l'intérêt de placer l'œil dans le plan du cercle oculaire ?
- Montrer à l'aide d'une construction géométrique que le diaphragme de champ limite la taille de l'objet observable.

POUR ALLER PLUS LOIN

EXERCICE BONUS : Formule de GULLSTRAND pour un doublet de lentilles

Soit un doublet focal constitué de deux lentilles L_1 et L_2 successives, de même axe optique, de centres optiques respectifs O_1 et O_2 . La lentille L_1 est ici convergente et L_2 divergente. Pour la lentille L_i , on note F_i et F'_i les foyers principaux objet et image et f'_i la distance focale image. On cherche dans cet exercice à déterminer la distance focale du doublet et à montrer la formule de GULLSTRAND.

- Sur la figure ci-dessous, déterminer géométriquement la position des foyers objet F et image F' du doublet.



2. En appliquant les relations de NEWTON pour la lentille L_1 et L_2 , montrer que

$$\overline{F'_2 F'} = -\frac{f_2 f'_2}{\Delta} \quad \text{et} \quad \overline{F_1 F} = \frac{f_1 f'_1}{\Delta} \quad (1)$$

avec $\Delta = \overline{F'_1 F_2}$ appelé l'intervalle optique.

Les points principaux objet H et image H' d'un système optique sont des points conjugués appartenant à l'axe optique : un objet appartenant au plan contenant H (plan principal objet) orthogonal à l'axe optique donne une image dans le plan de H' (plan principal image) de même taille et sens que l'objet. Soit H_1 l'image de H par la lentille L_1 .

3. Écrire la relation de NEWTON pour L_1 faisant intervenir les points H, H_1, F_1 et F'_1 , puis pour L_2 avec les points H', H_1, F_2 et F'_2 . Donner le grandissement γ_1 de la lentille L_1 en fonction de f_1 et $\overline{F_1 H}$, puis le grandissement γ_2 de la lentille L_2 en fonction de f'_2 et $\overline{F'_2 H'}$.

4. À partir de la question précédente, montrer que

$$\overline{F_1 H} = -\frac{f'_1 (f'_1 + f'_2)}{\Delta} \quad \text{et} \quad \overline{F'_2 H'} = \frac{f'_2 (f'_1 + f'_2)}{\Delta} \quad (2)$$

On définit la distance focale objet $f = \overline{HF}$ et image $f' = \overline{H'F'}$ du doublet.

5. Donner l'expression de f et f' en fonction de f'_1, f'_2 et Δ .

6. La vergence du doublet est définie par $V = \frac{1}{f'}$. Montrer alors la formule de GULLSTRAND :

$$V = V_1 + V_2 - eV_1V_2$$

avec V_1 et V_2 les vergences des lentilles L_1 et L_2 , et e l'épaisseur du doublet.

7. Que devient cette formule pour un doublet de lentilles accolées ?