Spécialité : Microscope classique et microscope confocal

Bac S 2006 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

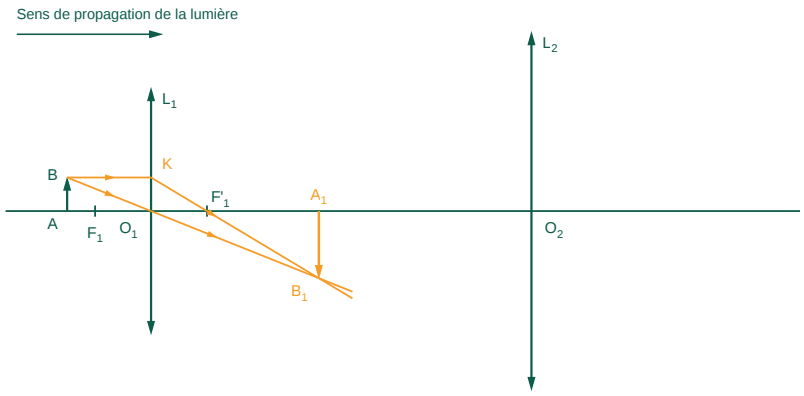
1.1.1 Construire sur la figure 1 de l'annexe l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB donnée par l'objectif (L_1).

On trace deux rayons issus de B : celui qui arrive parallèlement à l'axe optique émerge de (L_1) en passant par le foyer image F_1' ; celui qui passe par le centre optique O_1 n'est pas dévié.

Ces deux rayons se coupent en B_1. Le point A_1 est sur l'axe optique, à la verticale de B_1.

L'image intermédiaire A_1B_1 est réelle, renversée et plus grande que l'objet (tracé orange).

MÉTHODE
Un troisième rayon sert de vérification : celui qui passe par le foyer objet F_1 ressort parallèle à l'axe optique et doit lui aussi passer par B_1.



1.1.1 · Figure 1 de l'annexe complétée : construction de l'image intermédiaire

1.1.2 Rappeler la relation de conjugaison de Descartes qui permettrait de calculer la position de l'image A_1B_1.

Pour la lentille (L_1), de centre optique O_1 :

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{\overline{O_1F_1'}} = \frac{1}{f_1'}$$

PIÈGE
Les grandeurs sont algébriques, comptées positivement dans le sens de la lumière : ici $\overline{O_1A} < 0$ (objet avant la lentille) et $\overline{O_1A_1} > 0$.

1.2.1 Quel est le rôle joué par l'image intermédiaire A_1B_1 pour l'oculaire (L_2) ?

L'image intermédiaire A_1B_1 donnée par l'objectif sert d'objet pour l'oculaire (L_2).

COMPRENDRE
L'oculaire agit comme une loupe : il donne de A_1B_1 une image définitive $A'B'$ agrandie, observée par l'œil. Le principe est le même que pour la lunette astronomique.

1.2.2 L'image définitive $A'B'$ doit se situer à l'infini pour une observation sans accommodation. Où doit se former l'image intermédiaire A_1B_1 ?

Une lentille convergente donne une image à l'infini d'un objet placé dans son plan focal objet.

A_1B_1 doit se former dans le plan focal objet de l'oculaire : A_1 est confondu avec F_2.

COMPRENDRE
Avec la relation de conjugaison appliquée à (L_2) : si A' est à l'infini, $\frac{1}{\overline{O_2A'}} = 0$, donc $\overline{O_2A_1} = -f_2' = \overline{O_2F_2}$.

1.2.3 Sur la figure 1 de l'annexe, placer dans ce cas les foyers de la lentille (L_2).

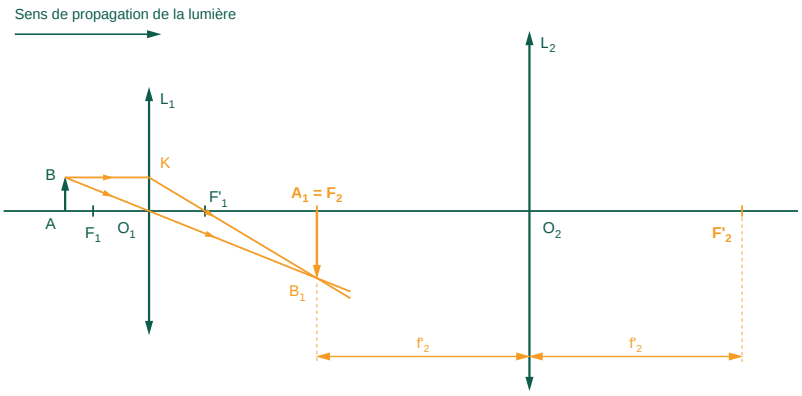
Données utiles A_1 confondu avec F_2 (1.2.2)

Le foyer objet F_2 est placé sur l'axe optique, au point A_1 construit à la question 1.1.1.

Le foyer image F'_2 est le symétrique de F_2 par rapport au centre optique O_2 : $\overline{O_2F'_2} = -\overline{O_2F_2} = f'_2$.

F_2 en A_1, avant l'oculaire ; F'_2 à la même distance de O_2, après l'oculaire (tracé orange).

PIÈGE
Ne pas inverser les deux foyers : le foyer objet F_2 est du côté d'où vient la lumière, le foyer image F'_2 du côté où elle ressort.



1.2.3 · Figure 1 de l'annexe complétée : foyers de l'oculaire

1.3.1 Rappeler la formule définissant le grandissement pour la lentille mince (L_1) dans le cas étudié.

$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}$$

COMPRENDRE
Le grandissement est un nombre sans unité. Son signe renseigne sur le sens de l'image (négatif : image renversée), sa valeur absolue sur sa taille par rapport à l'objet.

1.3.2 En s'aidant de la figure 1, montrer que le grandissement de l'objectif peut s'écrire $\gamma_1 = \dfrac{-\Delta}{f'_1}$.

Données utiles A_1 confondu avec F_2 (1.2.2) ; $\Delta = \overline{F'_1F_2}$

Le rayon issu de B parallèle à l'axe optique rencontre (L_1) en K, avec $\overline{O_1K} = \overline{AB}$, puis passe par F'_1 et par B_1.

Les droites (O_1A_1) et (KB_1) se coupent en F'_1, et (O_1K) est parallèle à (A_1B_1). D'après le théorème de Thalès, en grandeurs algébriques :

$$\frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{O_1K}} = \frac{\overline{F'_1A_1}}{\overline{F'_1O_1}}$$

Or $\overline{F'_1A_1} = \overline{F'_1F_2} = \Delta$ et $\overline{F'_1O_1} = -f'_1$.

$\gamma_1 = \dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \dfrac{\Delta}{-f'_1} = \dfrac{-\Delta}{f'_1}$, ce qui est l'expression attendue.

PIÈGE
Avec de simples longueurs, on obtient seulement $\dfrac{A_1B_1}{AB} = \dfrac{\Delta}{f'_1}$. Il faut alors justifier le signe moins : l'image est renversée, donc $\overline{A_1B_1}$ et $\overline{AB}$ sont de signes contraires.

MÉTHODE
Autre voie, par le calcul : la relation de conjugaison donne $\gamma_1 = \dfrac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = 1 - \dfrac{\overline{O_1A_1}}{f'_1}$, avec $\overline{O_1A_1} = f'_1 + \Delta$.

1.3.3 Calculer la valeur algébrique du grandissement γ_1. Que peut-on dire de l'inscription « $\times 40$ » portée sur la monture de l'objectif ?

Données utiles $\Delta = 180$ mm ; $f'_1 = 4{,}5$ mm

Les deux longueurs sont dans la même unité (mm) :

$$\gamma_1 = \frac{-\Delta}{f'_1} = \frac{-180}{4{,}5} = -40$$

L'image intermédiaire est renversée et 40 fois plus grande que l'objet.

$\gamma_1 = -40$: l'inscription « $\times 40$ » est la valeur absolue du grandissement de l'objectif.

COMPRENDRE
Le résultat s'écrit avec deux chiffres significatifs, comme f'_1, la donnée la moins précise. L'inscription ne dit rien du signe : elle indique seulement de combien l'objectif agrandit.

MÉTHODE
Sans calculatrice : multiplier numérateur et dénominateur par 2 donne $\frac{180}{4{,}5} = \frac{360}{9} = 40$.

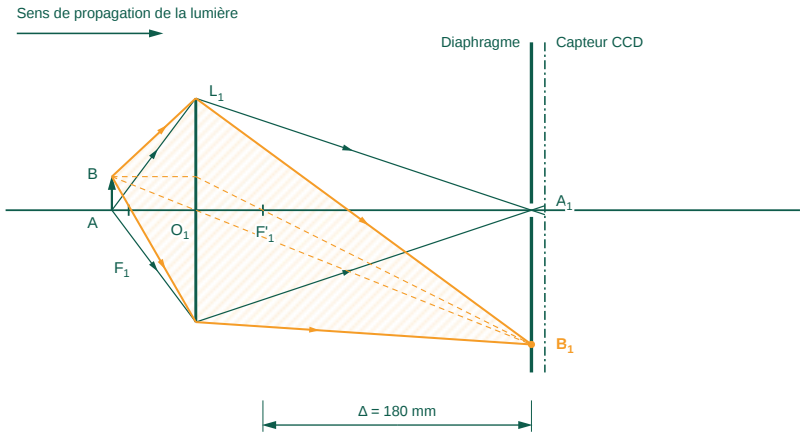
2.1.1 Sur la figure 2 de l'annexe, construire l'image B_1 du point B ainsi que le faisceau lumineux issu de B passant par les bords de la lentille. Hachurer ce faisceau.

On construit B_1 comme à la question 1.1.1 (pointillés) : rayon parallèle à l'axe optique qui émerge par F'_1, rayon non dévié passant par O_1.

Tous les rayons issus de B qui traversent la lentille convergent en B_1. Le faisceau est donc limité par les deux rayons qui vont de B aux bords de la lentille, puis des bords à B_1.

B_1 se forme dans le plan du capteur, sous l'axe optique, à côté de l'ouverture du diaphragme (tracé orange).

PIÈGE
Les rayons passant par les bords de la lentille ne sont pas des rayons particuliers : on ne peut les tracer qu'après avoir trouvé B_1 avec la construction habituelle.



2.1.1 · Figure 2 de l'annexe complétée : image et faisceau du point B

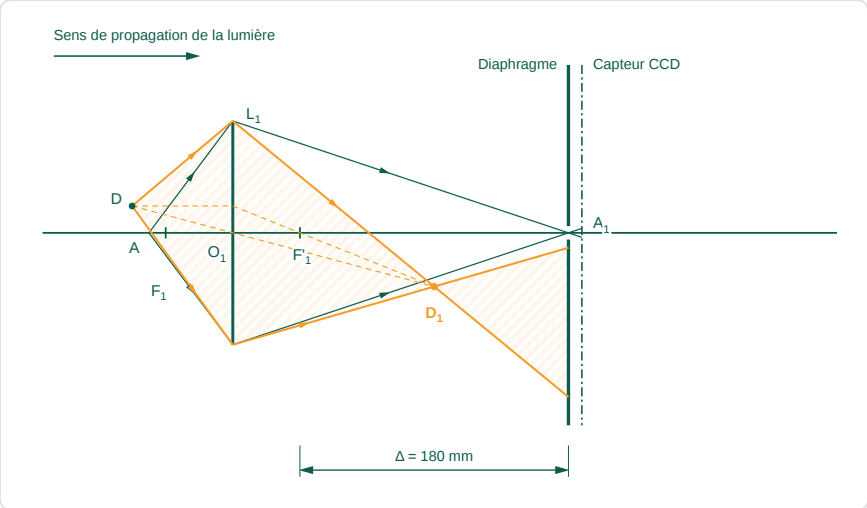
2.1.2 Sur la figure 3 de l'annexe, construire l'image D_1 du point D et le faisceau lumineux issu de D limité par les bords de la lentille. Hachurer ce faisceau.

Même méthode : les deux rayons de construction issus de D (pointillés) se coupent en D_1, puis on trace les rayons allant de D aux bords de la lentille et des bords à D_1.

Le point D est plus éloigné de la lentille que A : son image se forme plus près de la lentille. Après D_1, le faisceau s'élargit de nouveau jusqu'au plan du diaphragme.

D_1 se forme sous l'axe optique, entre la lentille et le plan du capteur (tracé orange).

COMPRENDRE
Quand un objet s'éloigne d'une lentille convergente (en restant au-delà du foyer objet), son image réelle se rapproche de la lentille : c'est ce que traduit la relation de conjugaison.



2.1.2 · Figure 3 de l'annexe complétée : image et faisceau du point D

2.1.3 En utilisant les figures 2 et 3 complétées, montrer que la plus grande partie de la lumière détectée par le capteur est émise par le point A et non par les points B et D.

Point A : son image A_1 se forme sur l'axe optique, dans le plan du diaphragme, au centre de l'ouverture. Tout le faisceau issu de A traverse le diaphragme et atteint le capteur.

Point B : le faisceau converge en B_1, dans le plan du diaphragme mais en dehors de l'ouverture. Il est arrêté par le diaphragme.

Point D : le faisceau converge en D_1 avant le diaphragme, puis s'élargit. Dans le plan du diaphragme il forme une tache étalée, située ici à côté de l'ouverture : la lumière issue de D est arrêtée elle aussi.

Le capteur reçoit presque uniquement la lumière émise par A (et par les points très proches de A).

COMPRENDRE
Le diaphragme trie les points de l'échantillon deux fois : latéralement (cas de B) et en profondeur (cas de D). C'est ce second tri qui permet d'isoler un plan à l'intérieur d'un échantillon transparent.

2.2 Selon quel axe et dans quel sens faut-il déplacer l'échantillon, et où faut-il placer l'objet AB, pour pouvoir détecter l'image du point B ? Positionner l'objet AB sur la figure 4 de l'annexe et tracer le faisceau issu de B limité par les bords de la lentille.

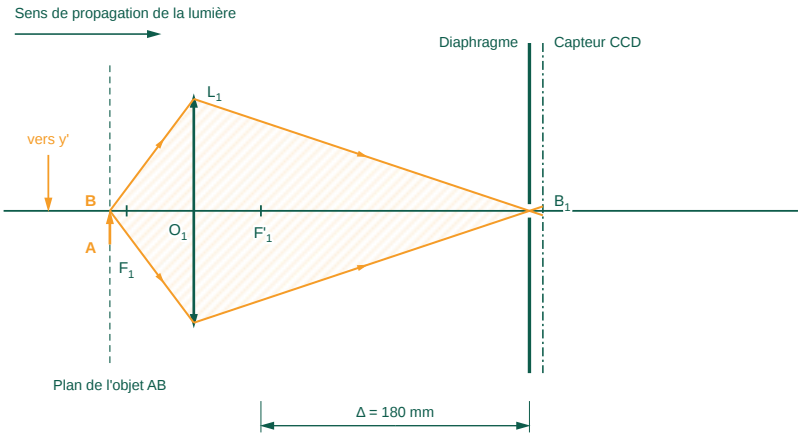
L'image B_1 doit se former sur l'axe optique, au centre de l'ouverture du diaphragme. Il faut donc que B soit sur l'axe optique, à la place qu'occupait A sur la figure 2.

L'objet reste dans le même plan (aucun déplacement selon $z'z$) et on le translate de la longueur AB parallèlement à $y'y$, vers le bas.

Sur la figure 4 : B est sur l'axe optique dans le plan de l'objet, A en dessous. Le faisceau va de B aux bords de la lentille, puis converge en B_1 et traverse le diaphragme.

Déplacement selon l'axe $y'y$, dans le sens de y vers y', jusqu'à ce que B soit sur l'axe optique.

PIÈGE
L'image est renversée. Sur la figure 2, B_1 est trop bas : pour le faire remonter jusqu'à l'ouverture, c'est vers le bas qu'il faut déplacer l'objet.



2.2 · Figure 4 de l'annexe complétée : le point B amené sur l'axe optique

2.3 En utilisant le même système d'axes, indiquer comment il faut déplacer l'échantillon pour acquérir l'image du point D.

Il faut amener D à la place qu'occupait A sur la figure 3 : sur l'axe optique, dans le plan dont l'image se forme sur le diaphragme.

Le point D est au-dessus de l'axe optique : déplacement selon $y'y$, vers y'.

Le point D est plus loin de la lentille que ce plan : déplacement selon $z'z$, vers z (l'échantillon se rapproche de la lentille).

Deux déplacements : selon $y'y$ dans le sens de y vers y', et selon $z'z$ dans le sens de z' vers z.

COMPRENDRE

Le déplacement selon $z'z$ change le plan de l'échantillon dont l'image est nette sur le diaphragme. En balayant plusieurs profondeurs, on obtient des coupes successives, puis une image en trois dimensions.