Spécialité : Les taches solaires

Bac S 2006 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

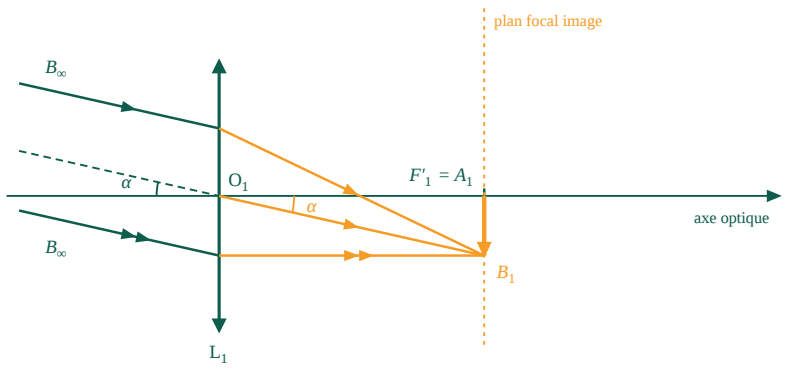
1.1.1 Où se forme l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB par rapport à l'objectif ? La construire sur la figure 1.

L'objet AB est à l'infini : son image par l'objectif se forme dans le **plan focal image** de (L_1), le plan perpendiculaire à l'axe optique passant par F_1'.

A est sur l'axe, donc A_1 est en F_1'. Le rayon issu de B qui passe par O_1 n'est pas dévié : il coupe le plan focal image en B_1. Les deux autres rayons issus de B convergent en ce même point.

A_1B_1 est dans le plan focal image de l'objectif, avec A_1 confondu avec F_1'.

MÉTHODE
Pour un objet à l'infini, un seul rayon suffit : celui qui passe par le centre optique, prolongé en ligne droite jusqu'au plan focal image. Tous les rayons parallèles à celui-ci y convergent.



1.1.1 · Figure 1 complétée : l'image intermédiaire dans le plan focal image de l'objectif

1.1.2 Calculer la taille de A_1B_1.

Données utiles $\alpha = 9{,}33 \times 10^{-3}$ rad ; $f_1' = 900$ mm

Dans le triangle $O_1A_1B_1$, rectangle en A_1 : $\tan\alpha = \dfrac{A_1B_1}{O_1F_1'} = \dfrac{A_1B_1}{f_1'}$.

Comme α est petit, $\tan\alpha \approx \alpha$, donc $A_1B_1 = \alpha \times f_1'$.

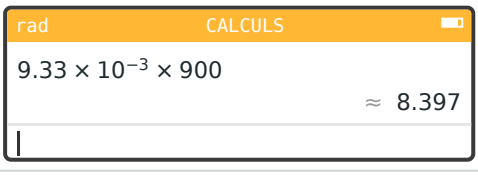
$$A_1B_1 = 9{,}33 \times 10^{-3} \times 900$$

$A_1B_1 = 8{,}40$ mm

PIÈGE
L'approximation $\tan\alpha \approx \alpha$ n'est valable que si l'angle est exprimé en radians. Avec un angle en degrés, le résultat serait faux.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme α et f_1' : on écrit 8,40 mm et non 8,4 mm. Le résultat sort en millimètres parce que f_1' est en millimètres et que α, en radians, n'a pas d'unité.

À LA CALCULATRICE



1.2.1 Quelle position particulière doit occuper A_1B_1 pour que l'image $A'B'$ soit rejetée à l'infini ?

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

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

1.2.2 Où se trouve alors le foyer objet F_2 de l'oculaire par rapport au foyer image F_1' de l'objectif pour que la lunette soit afocale ?

A_1 est en F_1' (question 1.1.1) et doit être en F_2 (question 1.2.1).

F_2 est confondu avec F_1'.

COMPRENDRE
Conséquence : dans une lunette afocale, la distance entre les deux lentilles vaut $O_1O_2 = f_1' + f_2'$, soit ici 920 mm.

1.3 Placer sur la figure 2 les foyers F_2 et F_2' de l'oculaire, puis tracer la marche du faisceau lumineux à travers la lunette.

F_2 est placé en F_1'. F_2' est le symétrique de F_2 par rapport à O_2.

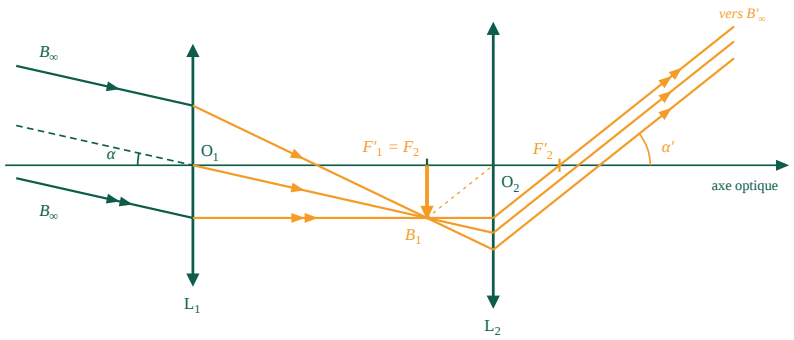
Les trois rayons convergent en B_1, dans le plan focal commun, puis continuent jusqu'à (L_2).

Celui qui arrive sur (L_2) parallèlement à l'axe optique en ressort en passant par F_2'. Comme B' est à l'infini, les deux autres rayons ressortent parallèles à celui-là.

Le faisceau sort de l'oculaire parallèle, dans la direction de la droite (B_1O_2).

PIÈGE
Sur l'annexe, le rayon marqué de deux flèches sort de l'objectif parallèle à l'axe : il passe donc par B_1 sans changer de direction. Ne pas arrêter les rayons en B_1 : ils se croisent et continuent.

MÉTHODE
Direction de sortie : tracer en pointillés la droite (B_1O_2), rayon fictif non dévié par O_2. Tous les rayons issus de B_1 sortent de l'oculaire parallèlement à cette droite.



1.3 · Figure 2 complétée : foyers de l'oculaire, marche du faisceau et angle α'

1.4.1 Donner la définition du diamètre apparent image α' et le représenter sur la figure 2.

α' est l'angle sous lequel l'œil, placé derrière l'oculaire, voit l'image définitive $A'B'$.

L'image de A est dans la direction de l'axe optique, celle de B dans la direction des rayons émergents.

α' est l'angle entre l'axe optique et les rayons qui sortent de l'oculaire (voir la figure 2 complétée, question 1.3).

1.4.2 Calculer α'.

Données utiles $A_1B_1 = \alpha \times f_1'$ (1.1.2) ; $f_2' = 20$ mm

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1 (avec A_1 en F_2) : $\tan\alpha' = \dfrac{A_1B_1}{O_2F_2} = \dfrac{A_1B_1}{f_2'}$.

Avec $\tan\alpha' \approx \alpha'$ et $A_1B_1 = \alpha \times f_1'$:

$$\alpha' = \frac{\alpha \times f_1'}{f_2'} = \frac{9{,}33 \times 10^{-3} \times 900}{20}$$

$\alpha' = 0{,}42$ rad

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $f_2' = 20$ mm. L'approximation des petits angles, imposée par l'énoncé, est ici grossière : l'angle dont la tangente vaut 0,42 est 0,40 rad.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{9.33 \times 10^{-3} \times 900}{20} \approx 0.41985$$

1.5 En déduire la valeur du grossissement G de la lunette.

Données utiles $\alpha' = \dfrac{\alpha \times f_1'}{f_2'}$ (1.4.2)

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\alpha \times f_1'}{f_2' \times \alpha} = \frac{f_1'}{f_2'}$$

$$G = \frac{900}{20}$$

$\boxed{G = 45}$

PIÈGE
Inverser le rapport et écrire f_2'/f_1' : une lunette grossit, G est supérieur à 1, l'objectif a donc la plus grande distance focale.

COMPRENDRE
G est un rapport de deux angles : il n'a pas d'unité. À travers cette lunette, le Soleil paraît 45 fois plus large qu'à l'œil nu.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{900}{20} \approx 45$$

2.1 Montrer que la distance algébrique $\overline{O_2A'}$ vaut 32 cm.

Données utiles $\overline{O_2F_2'} = f_2' = 20 \text{ mm} = 2{,}0 \text{ cm}$; écran à 30 cm de F_2'

L'image nette A' est sur l'écran, situé après F_2' dans le sens de la lumière : $\overline{F_2'A'} = 30$ cm.

$$\overline{O_2A'} = \overline{O_2F_2'} + \overline{F_2'A'} = 2{,}0 + 30$$

$\boxed{\overline{O_2A'} = 32 \text{ cm}}$, valeur attendue.

PIÈGE
Additionner 20 et 30 sans convertir : f_2' est donnée en millimètres, la distance à l'écran en centimètres.

2.2 En utilisant la relation de conjugaison, calculer la distance algébrique $\overline{O_2A_1}$.

Données utiles $\overline{O_2A'} = 32$ cm (2.1) ; $\overline{O_2F_2'} = 2{,}0$ cm

$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F_2'}} \text{ donc } \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2F_2'}}$$

$$\overline{O_2A_1} = \frac{1}{\frac{1}{32} - \frac{1}{2{,}0}}$$

$\boxed{\overline{O_2A_1} = -2{,}1 \text{ cm}}$

PIÈGE
S'arrêter à $1/\overline{O_2A_1} = -0{,}47 \text{ cm}^{-1}$ en oubliant de prendre l'inverse.

COMPRENDRE
Le signe négatif est attendu : l'objet A_1 est avant l'oculaire, dans le sens contraire de la lumière. Il est un peu plus loin que le foyer objet (2,1 cm contre 2,0 cm), condition pour obtenir une image réelle sur un écran.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1}{\frac{1}{32} - \frac{1}{2.0}} \approx -2.133333$$

2.3 A-t-on éloigné ou rapproché l'oculaire de l'objectif pour observer l'image du Soleil sur l'écran ? Justifier.

Données utiles $\overline{O_2A_1} = -2{,}1$ cm (2.2)

Le Soleil est toujours à l'infini : l'image intermédiaire A_1B_1 reste dans le plan focal image de l'objectif, elle ne bouge pas.

Lunette afocale : A_1 est en F_2, à 2,0 cm de l'oculaire. Pour la projection : A_1 est à 2,1 cm de l'oculaire.

La distance entre A_1 (fixe) et O_2 a augmenté.

On a **éloigné** l'oculaire de l'objectif, d'environ 1 mm.

COMPRENDRE

Sans arrondi, $A_1O_2 = 2{,}13$ cm : le déplacement est de 1,3 mm seulement. La lunette n'est plus afocale, puisque l'image définitive est à distance finie.

2.4 Calculer le diamètre d de la tache solaire dont l'image sur l'écran a un diamètre d'.

Données utiles $d' = 5$ mm ; $D' = 126$ mm ; $D = 1{,}39 \times 10^6$ km

La tache et le Soleil sont à la même distance et sont agrandis de la même façon par la lunette : les dimensions sur l'écran sont proportionnelles aux dimensions réelles.

$$\frac{d}{D} = \frac{d'}{D'} \text{ donc } d = \frac{d' \times D}{D'}$$

$$d = \frac{5 \times 1{,}39 \times 10^6}{126} = 5{,}5 \times 10^4 \text{ km}$$

$d \approx 5{,}5 \times 10^4$ km

COMPRENDRE

d' n'est connu qu'au millimètre : retenir l'ordre de grandeur, quelques dizaines de milliers de kilomètres. La tache est environ quatre fois plus large que la Terre (diamètre proche de 12 800 km).

MÉTHODE

d' et D' sont dans la même unité (mm), leur rapport est sans unité : d sort directement dans l'unité de D, le kilomètre. Aucune conversion n'est nécessaire.

À LA CALCULATRICE

