Spécialité : L'art d'observer avec deux lentilles

Bac S 2010 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Que représentent, d'un point de vue optique, les distances d_1 et d_2 ?

Données utiles $d_1 = 7{,}0$ cm ; $d_2 = 3{,}5$ cm ; l'œil n'accommode pas lorsqu'il regarde à l'infini

L'œil n'accommode pas : l'image donnée par chaque loupe est à l'infini. L'objet (la sauterelle) se trouve donc dans le plan focal objet de la lentille.

d_1 et d_2 sont les distances focales des deux loupes : $f'_1 = d_1 = 7{,}0$ cm et $f'_2 = d_2 = 3{,}5$ cm.

COMPRENDRE
Un objet placé au foyer objet d'une lentille convergente donne des rayons émergents parallèles : l'image est rejetée à l'infini et l'œil l'observe sans fatigue.

1.2 Calculer les grossissements G_1 et G_2 des deux loupes. Avec laquelle la sauterelle est-elle vue plus grosse ?

Données utiles $G = \dfrac{1}{4\,f'}$; $f'_1 = 7{,}0$ cm ; $f'_2 = 3{,}5$ cm (1.1)

Dans cette relation, f' s'exprime en mètres.

$$G_1 = \frac{1}{4\,f'_1} = \frac{1}{4 \times 7{,}0 \times 10^{-2}} = 3{,}6$$

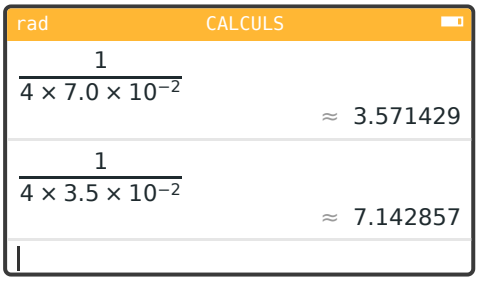
$$G_2 = \frac{1}{4\,f'_2} = \frac{1}{4 \times 3{,}5 \times 10^{-2}} = 7{,}1$$

$G_1 = 3{,}6$ et $G_2 = 7{,}1$: $G_2 > G_1$, la sauterelle est vue plus grosse avec la loupe du compte-fils.

PIÈGE
Laisser f' en centimètres donne $G_1 = 0{,}036$: un grossissement de loupe inférieur à 1 doit alerter. Le « 4 » cache une distance de $0{,}25$ m, d'où le mètre.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme d_1 et d_2. Plus la distance focale est courte, plus la loupe grossit : diviser f' par deux double G.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Quel instrument d'optique les deux enfants ont-ils construit ?

Deux lentilles convergentes associées pour observer, fortement agrandi, un petit objet très proche de la première lentille :

Les enfants ont construit un microscope.

2.1.2 Comment appelle-t-on chacune des deux lentilles dans cet instrument ?

La lentille placée du côté de l'objet, ici celle du compte-fils (L_2), est l'objectif.

La lentille placée du côté de l'œil, ici celle du gobelet (L_1), est l'oculaire.

L_2 (compte-fils) : objectif ; L_1 (gobelet) : oculaire.

MÉTHODE
Objectif du côté de l'objet, oculaire du côté de l'œil : ce vocabulaire vaut pour le microscope comme pour la lunette.

2.2 Calculer la position de l'image intermédiaire donnée par la lentille la plus proche de l'objet.

Données utiles $D = 4{,}0$ cm ; $f'_2 = 3{,}5$ cm (1.1) ; $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$

L'objectif est L_2, de centre O_2. L'objet est avant la lentille : $\overline{O_2A} = -D = -4{,}0$ cm, et $\overline{O_2F'_2} = +3{,}5$ cm.

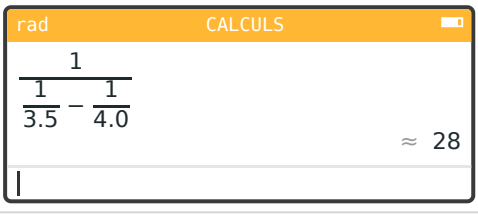
$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}} + \frac{1}{\overline{O_2A}} = \frac{1}{3{,}5} - \frac{1}{4{,}0}$$

$\overline{O_2A'} = 28$ cm : l'image intermédiaire se forme 28 cm après la lentille du compte-fils.

PIÈGE
Oublier le signe de $\overline{O_2A}$: avec $+4{,}0$ cm on trouve $1{,}9$ cm, résultat faux. Une grandeur algébrique est négative quand le point est avant la lentille.

COMPRENDRE
$\overline{O_2A'} > 0$: l'image est réelle, après la lentille. L'objet est juste avant le foyer objet ($4{,}0$ cm pour $3{,}5$ cm), d'où une image lointaine et très agrandie.

À LA CALCULATRICE



2.3 Construire sur l'annexe, à l'échelle 1/2 horizontalement et 1 verticalement, la situation optique créée par les enfants, l'image définitive étant à l'infini.

Données utiles $AB = 1$ cm ; $D = 4{,}0$ cm ; $f'_2 = 3{,}5$ cm ; $f'_1 = 7{,}0$ cm ; $\overline{O_2A'} = 28$ cm (2.2)

Distances tracées sur l'axe (échelle 1/2) : $O_2A = 2{,}0$ cm ; $O_2F'_2 = 1{,}75$ cm ; $O_2A' = 14$ cm.

Deux rayons issus de B : celui qui passe par O_2 n'est pas dévié ; celui qui arrive parallèle à l'axe ressort en passant par F'_2. Ils se coupent en B', à la verticale de A' : l'image $A'B'$ est renversée et mesure 7 cm.

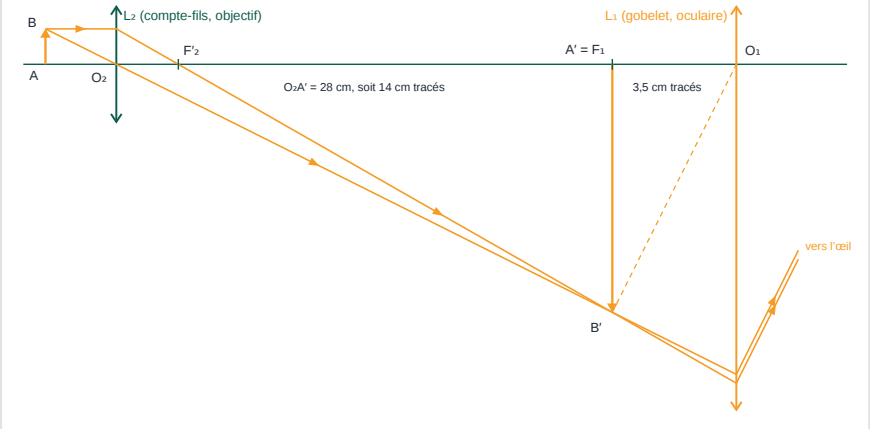
L'image définitive est à l'infini : $A'B'$ est dans le plan focal objet de l'oculaire L_1, donc $A' = F_1$. On place O_1 à 7,0 cm après A', soit 3,5 cm tracés.

Les rayons issus de B' ressortent de L_1 parallèles à la droite $(B'O_1)$.

Voir l'annexe complétée : $A'B'$ à 14 cm de O_2 sur le dessin, L_1 placée 3,5 cm plus loin, faisceau émergent parallèle.

PIÈGE
L'échelle 1/2 ne concerne que l'axe horizontal. L'image mesure 7 cm en vraie grandeur sous l'axe : prévoir la place et tracer L_1 assez longue pour recevoir les rayons.

MÉTHODE
Pour tracer un rayon émergent quelconque de l'oculaire, on trace en pointillés la droite $(B'O_1)$, non déviée : tous les rayons issus de B' sortent parallèles à elle.



2.3 · Annexe complétée : échelle 1/2 horizontalement, échelle 1 verticalement (en orange, ce que l'élève trace)

2.4 Calculer le grossissement $G = \gamma \cdot G'$ de l'instrument et justifier que les enfants voient la sauterelle beaucoup plus grosse.

Données utiles $\overline{O_2A} = -4{,}0$ cm ; $\overline{O_2A'} = 28$ cm (2.2) ; $f'_1 = 7{,}0$ cm

Grandissement de l'objectif : $\gamma = \dfrac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A}} = \dfrac{28}{-4{,}0} = -7{,}0$

La seconde lentille est la loupe du gobelet : $G' = G_1 = \dfrac{1}{4\,f'_1}$.

$$G = \gamma \cdot G' = -7{,}0 \times \frac{1}{4 \times 7{,}0 \times 10^{-2}} = -25$$

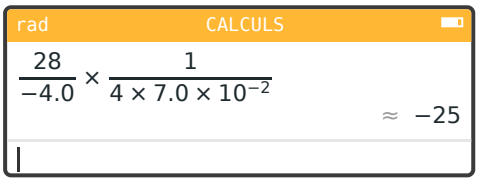
Le signe « $-$ » traduit une image renversée. En valeur absolue, 25 est très supérieur à $G_1 = 3{,}6$ et à $G_2 = 7{,}1$.

$|G| = 25$: la sauterelle est vue sous un angle 25 fois plus grand qu'à l'œil nu, bien plus qu'avec une seule loupe.

PIÈGE
Prendre $G' = G_2$: la lentille du compte-fils sert ici d'objectif, c'est celle du gobelet qui joue le rôle de loupe. Calculer avec G_1 non arrondi.

COMPRENDRE
L'objectif fabrique une image 7 fois plus grande que l'objet, puis l'oculaire sert de loupe pour regarder cette image : les deux effets se multiplient.

À LA CALCULATRICE



3.1 Quel instrument d'optique connu la fillette vient-elle de construire ?

Deux lentilles convergentes pour observer un objet très éloigné, vu renversé et plus gros :

Anne-Claire a construit une lunette astronomique.

COMPRENDRE
L'objectif est maintenant la lentille du gobelet L_1 (grande distance focale), l'oculaire celle du compte-fils L_2. La lunette afocale figure toujours au programme actuel de spécialité.

3.2 Où se forme l'image intermédiaire, l'antenne étant très éloignée ? Justifier à l'aide de la formule de conjugaison.

Données utiles $f'_1 = 7{,}0$ cm (1.1)

Pour l'objectif L_1 : $\dfrac{1}{\overline{O_1A'}} - \dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{\overline{O_1F'_1}}$

L'antenne est très éloignée : $\overline{O_1A} \to -\infty$, donc $\dfrac{1}{\overline{O_1A}} \to 0$. Il reste $\overline{O_1A'} = \overline{O_1F'_1}$.

A' est confondu avec F'_1 : l'image intermédiaire se forme à 7,0 cm après L_1, dans le plan focal image de l'objectif.

3.3 D'après la construction fournie, où se situe le foyer objet de la lentille L_2 ?

Sur la construction, les rayons sortent de L_2 parallèles entre eux : l'image définitive est à l'infini. L'image intermédiaire $A'B'$ est donc dans le plan focal objet de L_2. Or elle est aussi dans le plan focal image de L_1 (3.2).

Le foyer objet F_2 de L_2 est confondu avec le foyer image F'_1 de L_1.

COMPRENDRE
Une lunette ainsi réglée est dite afocale : un faisceau parallèle en entrée ressort parallèle. Les centres des lentilles sont alors distants de $f'_1 + f'_2$.

3.4 Démontrer que le grossissement de cet instrument est $G = \dfrac{f_1'}{f_2'}$, puis faire l'application numérique.

Données utiles $f_1' = 7{,}0$ cm (objectif) ; $f_2' = 3{,}5$ cm (oculaire)

Par définition, $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$: α est l'angle sous lequel l'antenne est vue à l'œil nu, α' l'angle sous lequel on voit son image à travers la lunette.

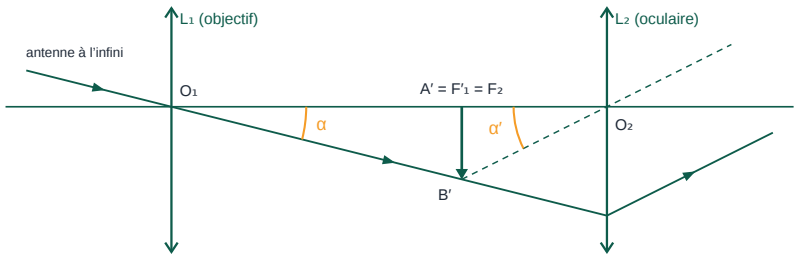
Triangle $O_1A'B'$, rectangle en A' avec $A' = F_1'$: $\tan\alpha = \dfrac{A'B'}{f_1'}$

Triangle $O_2A'B'$, rectangle en A' avec $A' = F_2$: $\tan\alpha' = \dfrac{A'B'}{f_2'}$

Les angles sont petits : en radians, $\tan\alpha \approx \alpha$ et $\tan\alpha' \approx \alpha'$.

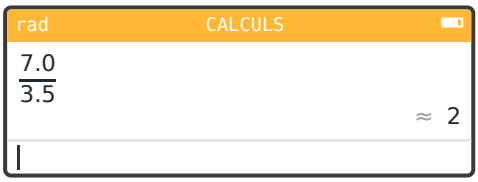
$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A'B'}{f_2'} \times \frac{f_1'}{A'B'} = \frac{f_1'}{f_2'}$$

$$G = \frac{f_1'}{f_2'} = \frac{7{,}0}{3{,}5} = 2{,}0$$



3.4 · Schéma du sujet, avec les angles α et α′

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Inverser le rapport : l'objectif est au numérateur. Avec f_2'/f_1' on trouverait $0{,}50$, soit une antenne vue plus petite, contraire à l'observation.

MÉTHODE
Repérer les deux triangles rectangles qui ont $A'B'$ pour côté commun, écrire les deux tangentes, puis faire le rapport : $A'B'$ se simplifie.