Spécialité : Caractéristiques d'une lunette astronomique

Bac S 2009 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Par quelle relation définit-on la distance focale d'une lentille ?

La distance focale est la distance algébrique du centre optique O au foyer image F′, comptée positivement dans le sens de propagation de la lumière.

$f' = \overline{OF'}$ (et, par symétrie des foyers, $\overline{OF} = -f'$)

COMPRENDRE
Pour une lentille convergente, F′ est après la lentille : $f' > 0$. La barre indique une grandeur algébrique, positive ou négative selon le sens.

1.2 Calculer la vergence C de la lentille L.

Données utiles $f' = 2{,}0 \text{ cm} = 2{,}0 \times 10^{-2} \text{ m}$

La vergence est l'inverse de la distance focale exprimée en mètres : $C = \dfrac{1}{f'}$.

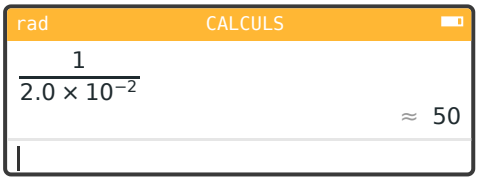
$$C = \frac{1}{2{,}0 \times 10^{-2}}$$

$C = 50\ \delta$ (dioptries, soit des m^{-1})

PIÈGE
Laisser f' en centimètres donne $0{,}50$, résultat faux d'un facteur 100. La dioptrie est l'inverse du mètre.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée $f' = 2{,}0$ cm.

À LA CALCULATRICE



1.3 Placer sur l'annexe page 2 le centre optique O, le foyer image F′ et le foyer objet F.

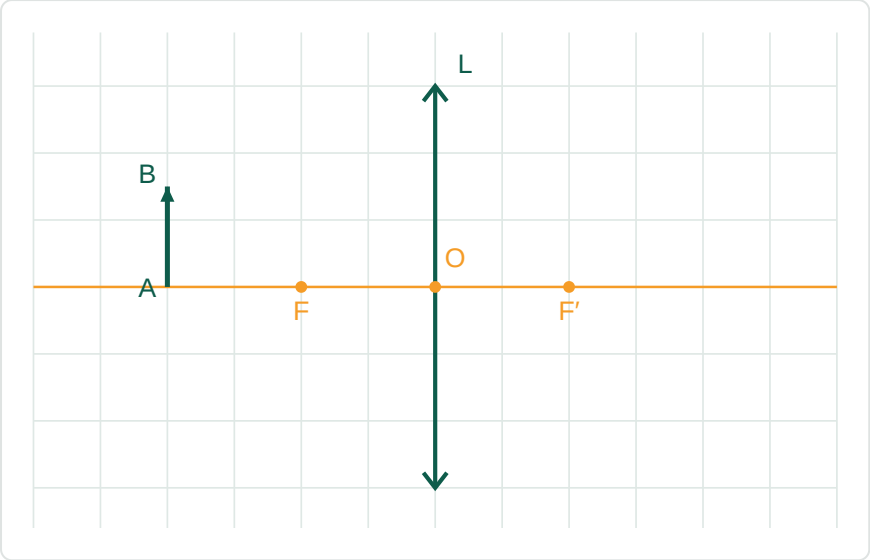
Données utiles $f' = 2{,}0$ cm ; échelle 1 sur les deux axes

L'axe optique est la droite perpendiculaire à la lentille qui passe par son milieu : il passe par A. Le point O est à l'intersection de cet axe et de la lentille.

La lumière va de l'objet vers la lentille. À l'échelle 1 :

F′ est à $2{,}0$ cm de O du côté opposé à l'objet, F est à $2{,}0$ cm de O du côté de l'objet.

COMPRENDRE
Sur l'annexe du sujet la lentille est repérée « L_1 » et la feuille est imprimée tournée d'un quart de tour. Le schéma est redressé ici : lumière de la gauche vers la droite.



1.3 · Annexe page 2 : axe optique, centre optique et foyers (échelle 1, quadrillage de 1 cm)

1.4 Construire sur l'annexe page 2 l'image A′B′ de l'objet AB par la lentille L.

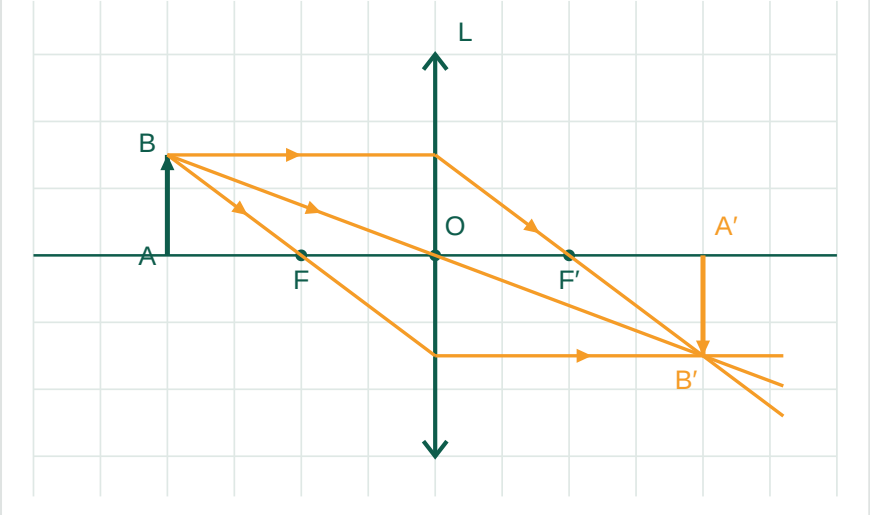
On trace deux rayons issus de B (un troisième sert de contrôle) :

- le rayon passant par O n'est pas dévié ;
- le rayon parallèle à l'axe optique émerge en passant par F′ ;
- le rayon passant par F émerge parallèlement à l'axe optique.

Les rayons émergents se coupent en B′. Le point A′ est le pied de la perpendiculaire à l'axe menée depuis B′.

On lit : A′B′ est à $4{,}0$ cm après la lentille, renversée, de hauteur $1{,}5$ cm.

MÉTHODE
Deux rayons suffisent, le troisième vérifie le tracé. On met une flèche sur chaque rayon, et l'image d'un point de l'axe se trouve sur l'axe.



1.4 · Annexe page 2 : construction de l'image A′B′ avec trois rayons issus de B

1.5.1 Utiliser la formule de conjugaison pour déterminer la position de l'image A′B′.

Données utiles $OA = 4{,}0$ cm ; $f' = 2{,}0$ cm

L'objet est avant la lentille : $\overline{OA} = -4{,}0$ cm.

Relation de conjugaison : $\dfrac{1}{\overline{OA'}} - \dfrac{1}{\overline{OA}} = \dfrac{1}{f'}$, d'où $\dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{f'} + \dfrac{1}{\overline{OA}}$.

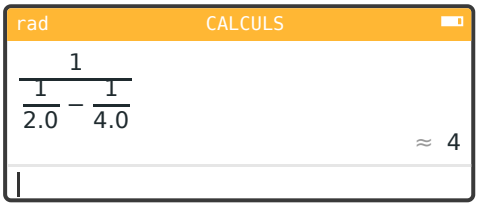
$$\overline{OA'} = \frac{1}{\dfrac{1}{2{,}0} + \dfrac{1}{-4{,}0}}$$

$\overline{OA'} = +4{,}0$ cm : l'image est à $4{,}0$ cm après la lentille, comme sur la construction.

PIÈGE
Le sujet donne la distance $OA = 4{,}0$ cm. Dans la relation, il faut la valeur algébrique $-4{,}0$ cm : avec $+4{,}0$ on trouverait $1{,}3$ cm, valeur fausse.

COMPRENDRE
Toutes les longueurs sont en centimètres, le résultat aussi : la conversion en mètres n'est pas nécessaire ici.

À LA CALCULATRICE



1.5.2 Utiliser la formule du grandissement pour déterminer la taille de l'image A′B′.

Données utiles $AB = 1{,}5$ cm ; $\overline{OA} = -4{,}0$ cm ; $\overline{OA'} = +4{,}0$ cm (1.5.1)

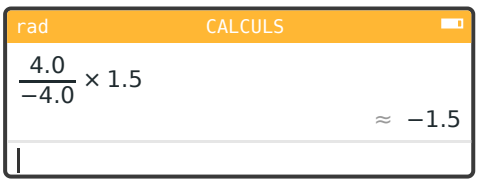
Grandissement : $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$, donc $\overline{A'B'} = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \times \overline{AB}$.

$$\overline{A'B'} = \frac{4{,}0}{-4{,}0} \times 1{,}5$$

$\overline{A'B'} = -1{,}5$ cm : l'image mesure $1{,}5$ cm et elle est renversée ($\gamma = -1$), en accord avec la construction.

COMPRENDRE
Le signe « $-$ » traduit le renversement de l'image. Un objet placé à $2f'$ de la lentille donne une image de même taille, à $2f'$ de l'autre côté.

À LA CALCULATRICE



2.1 Où se situe l'image par l'objectif d'un objet à l'infini (image intermédiaire) ?

Les rayons venant d'un point à l'infini arrivent parallèles entre eux sur l'objectif et convergent, après L_1, en un point du plan focal image.

L'image intermédiaire A_1B_1 est dans le plan focal image de l'objectif : A_1 est en F'_1.

2.2 Où doit se situer l'image intermédiaire pour être vue à travers l'oculaire sans accommoder ?

Un œil normal n'accommode pas lorsqu'il regarde un objet à l'infini. L'image définitive A_2B_2 doit donc être rejetée à l'infini par l'oculaire.

L'image intermédiaire A_1B_1 doit être dans le plan focal objet de l'oculaire : A_1 en F_2.

COMPRENDRE
Un objet placé dans le plan focal objet d'une lentille convergente donne des rayons émergents parallèles : l'image est à l'infini et l'œil reste au repos.

2.3 Préciser la position du foyer objet F_2 de l'oculaire par rapport au foyer image F'_1 de l'objectif. Justifier.

Le point A_1 est en F'_1 (2.1) et il doit aussi être en F_2 (2.2).

F_2 est confondu avec F'_1 : la lunette est afocale.

COMPRENDRE
Afocale signifie « sans foyer » : un faisceau parallèle qui entre ressort parallèle. L'objet et l'image définitive sont tous deux à l'infini.

2.4 Placer la lentille L_2 sur l'annexe page 3 (échelle 1/10 horizontalement).

Données utiles $f'_1 = 1{,}00$ m ; $f'_2 = 20{,}0$ cm ; diamètre de L_2 : 6 cm ; échelle verticale 1

Comme F'_1 et F_2 sont confondus : $O_1O_2 = f'_1 + f'_2 = 1{,}00 + 0{,}200 = 1{,}20$ m.

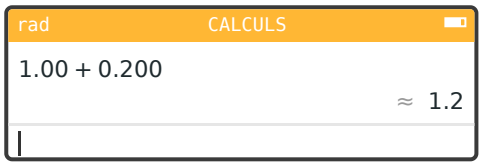
À l'échelle 1/10 : F'_1 est à $10{,}0$ cm de O_1 sur le papier, O_2 à $2{,}0$ cm plus loin, F'_2 encore $2{,}0$ cm après O_2.

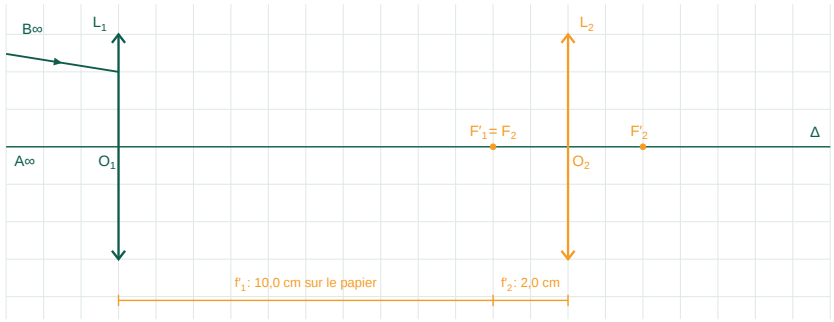
Verticalement l'échelle est 1 : L_2 est tracée sur 6 cm, soit 3 cm de chaque côté de l'axe Δ.

L_2 est placée à $12{,}0$ cm de L_1 sur l'annexe ($1{,}20$ m en réalité).

PIÈGE
Les deux échelles sont différentes : les distances le long de l'axe sont divisées par 10, les hauteurs (diamètre des lentilles) sont en vraie grandeur.

À LA CALCULATRICE





2.4 · Annexe page 3 : mise en place de l'oculaire (quadrillage de 1 cm ; horizontalement 1 cm pour 10 cm)

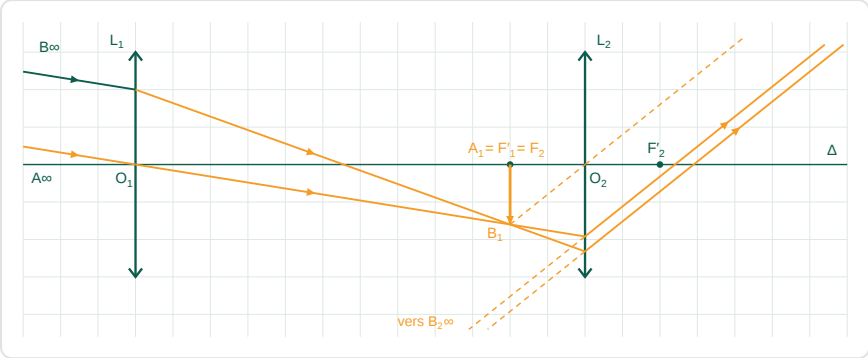
2.5 Construire sur l'annexe page 3 l'image intermédiaire A_1B_1 de AB par L_1, puis l'image A_2B_2 de A_1B_1 par L_2.

Image intermédiaire : on trace le rayon issu de B∞ passant par O_1, parallèle au rayon donné ; il n'est pas dévié et coupe le plan focal image de L_1 en B_1. Le rayon donné émerge de L_1 en passant par B_1. Le point A_1 est en F'_1.

Image définitive : B_1 est dans le plan focal objet de L_2. La droite (B_1O_2) n'est pas déviée ; tous les rayons passant par B_1 ressortent de L_2 parallèlement à (B_1O_2).

A_1B_1 est renversée, dans le plan focal commun (environ $1{,}6$ cm sur l'annexe) ; A_2B_2 est à l'infini, B_2 dans la direction de (B_1O_2).

MÉTHODE
Pour un point objet à l'infini : le rayon passant par le centre optique donne la direction, le plan focal image donne la position. Pour un point du plan focal objet : les rayons émergents sont parallèles à la droite passant par le centre optique.



2.5 · Annexe page 3 : image intermédiaire A_1B_1 et faisceau émergent parallèle (image A_2B_2 à l'infini)

2.6.1 Définir le diamètre apparent d'un objet.

Le diamètre apparent d'un objet est l'angle sous lequel l'œil nu voit cet objet, c'est-à-dire l'angle entre les rayons provenant de ses deux extrémités.

COMPRENDRE
Il s'exprime en radians dans les calculs. Plus un objet est loin, plus son diamètre apparent est petit : c'est lui que la lunette augmente.

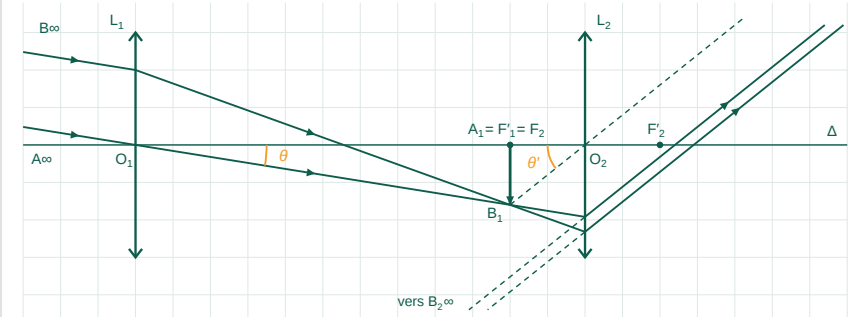
2.6.2 Représenter θ et θ' sur l'annexe page 3.

θ est l'angle entre l'axe Δ (direction de A∞) et les rayons issus de B∞ : on le marque en O_1, entre l'axe et le rayon (O_1B_1).

θ' est l'angle entre l'axe Δ et les rayons qui sortent de l'oculaire : on le marque en O_2, entre l'axe et la droite (O_2B_1).

θ : angle $\widehat{F'_1O_1B_1}$; θ' : angle $\widehat{F_2O_2B_1}$.

COMPRENDRE
Sur l'annexe les angles paraissent grands car l'axe horizontal est comprimé dix fois. En réalité θ et θ' sont petits, ce qui justifie l'approximation de la question suivante.



2.6.2 · Annexe page 3 : angles θ et θ′

2.6.3 Établir la relation donnant le grossissement $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$ en fonction de f'_1 et f'_2, puis calculer sa valeur.

Données utiles $f'_1 = 1{,}00$ m ; $f'_2 = 20{,}0$ cm $= 0{,}200$ m ; $\tan\theta \approx \theta$ pour les petits angles

Dans le triangle $O_1F'_1B_1$, rectangle en F'_1 : $\tan\theta = \dfrac{A_1B_1}{O_1F'_1} = \dfrac{A_1B_1}{f'_1}$,

donc $\theta \approx \dfrac{A_1B_1}{f'_1}$.

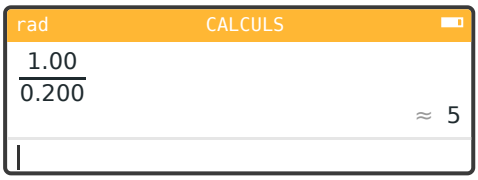
Dans le triangle $O_2F_2B_1$, rectangle en F_2 : $\tan\theta' = \dfrac{A_1B_1}{O_2F_2} = \dfrac{A_1B_1}{f'_2}$,

donc $\theta' \approx \dfrac{A_1B_1}{f'_2}$.

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_2} \qquad G = \frac{1{,}00}{0{,}200}$$

$$\boxed{G = \frac{f'_1}{f'_2} = 5{,}00 \text{ (sans unité)}}$$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Les deux distances focales doivent être dans la même unité : $1{,}00 \div 20{,}0$ donnerait $0{,}05$. Un grossissement de lunette est supérieur à 1.

COMPRENDRE

L'objet paraît cinq fois plus grand. Pour grossir davantage, il faut un objectif de grande distance focale et un oculaire de courte distance focale.

2.7 Définir le cercle oculaire et le construire sur l'annexe page 3.

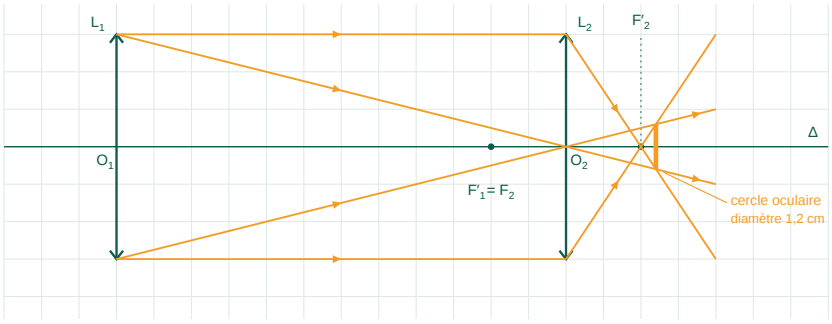
Le cercle oculaire est l'image de l'objectif (de sa monture) donnée par l'oculaire. Toute la lumière entrée par l'objectif ressort en traversant ce cercle : c'est là qu'il faut placer l'œil pour recevoir le maximum de lumière.

Construction : de chaque bord de L_1 on trace le rayon passant par O_2, non dévié, et le rayon parallèle à l'axe, qui émerge de L_2 en passant par F'_2. Leur intersection donne l'image du bord.

Le cercle oculaire est le segment joignant les images des deux bords de L_1, juste après F'_2.

COMPRENDRE

Vérification par la conjugaison avec $\overline{O_2O_1} = -120$ cm : le cercle oculaire est à 24 cm après O_2 (2,4 cm sur l'annexe) et son diamètre vaut $6 \times \frac{24}{120} = 1{,}2$ cm.



2.7 · Annexe page 3 : le cercle oculaire, image de la monture de L_1 donnée par L_2

À LA CALCULATRICE

