Une jeune astronome

Bac 2024 Polynésie Jour 1 · Exercice 3 **6 points** **Durée conseillée 1 h 03**

Q1 La lunette astronomique est un système optique afocal. Donner la signification du terme afocal.

Un système afocal donne, d'un objet situé à l'infini, une image elle aussi située à l'infini.

Des rayons qui entrent parallèles entre eux dans la lunette en ressortent parallèles entre eux : le système n'a pas de foyer.

COMPRENDRE
C'est réalisé quand le foyer image F_1' de l'objectif est confondu avec le foyer objet F_2 de l'oculaire, comme sur le document réponse. L'œil observe alors sans accommoder.

Q2 Placer les termes objectif et oculaire sur le schéma du document réponse.

La lentille L_1, qui reçoit la lumière venant de l'astre, est l'**objectif**.

La lentille L_2, derrière laquelle se place l'œil, est l'**oculaire**.

L_1 : objectif ; L_2 : oculaire (schéma complété en Q3).

MÉTHODE
L'objectif est du côté de l'objet, l'oculaire du côté de l'œil. Autre repère : l'objectif a la plus grande distance focale ($O_1F_1' > O_2F_2'$ sur le schéma).

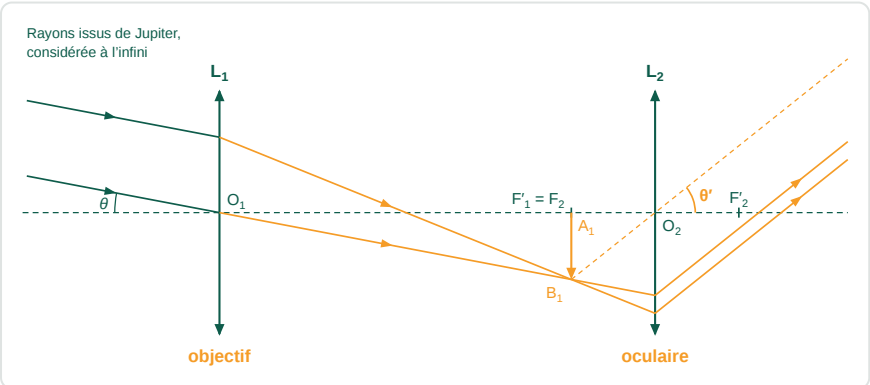
Q3 Tracer, sur le schéma du document réponse, le trajet des rayons arrivant de Jupiter considéré comme situé à l'infini, en faisant figurer les traits de construction.

- Le rayon qui passe par le centre optique O_1 traverse l'objectif sans être dévié. Il coupe le plan focal image de L_1 au point B_1, à la verticale de F_1'.
- L'objet étant à l'infini, le second rayon émerge de L_1 en passant lui aussi par B_1 : l'image intermédiaire est A_1B_1, avec A_1 en F_1'.
- B_1 est dans le plan focal objet de L_2 : les rayons sortent de l'oculaire parallèles entre eux. Leur direction est celle de la droite (B_1O_2), tracée en pointillés (trait de construction).

Les deux rayons se croisent en B_1 puis émergent de L_2 parallèlement à (B_1O_2).

PIÈGE
Faire converger les rayons en F_1' : ce n'est vrai que pour des rayons parallèles à l'axe optique. Ici ils sont inclinés et se croisent en B_1, dans le plan focal mais hors de l'axe.

MÉTHODE
Après L_2, il manque une direction. On trace le rayon fictif issu de B_1 et passant par O_2, non dévié, puis on mène les rayons émergents parallèlement à lui, à partir de leur point d'arrivée sur L_2.



Q3 · Document réponse complété (Q2, Q3 et Q4) : en orange, ce que l'élève ajoute

Q4 Placer, sur le schéma du document réponse, l'angle apparent θ' de l'objet à travers la lunette.

θ' est l'angle sous lequel l'œil voit l'image donnée par la lunette : c'est l'angle entre l'axe optique et la direction des rayons émergents.

θ' est placé en O_2, entre l'axe optique et la droite (B_1O_2) (schéma de Q3).

COMPRENDRE
On peut aussi le marquer là où un rayon émergent coupe l'axe optique : ces rayons étant parallèles à (B_1O_2), l'angle est le même. Il est nettement plus grand que θ.

Q5 Donner la définition du grossissement G de la lunette. Montrer que $G = \frac{f'_1}{f'_2}$ et vérifier que les grossissements annoncés par le fabricant sont corrects.

Données utiles $f'_1 = 60{,}0$ cm ; oculaires : $f'_2 = 4$ mm et $f'_2 = 20$ mm ; pour les petits angles, $\tan\theta \approx \theta$

Définition : $G = \frac{\theta'}{\theta}$, où θ est l'angle sous lequel l'objet est vu à l'œil nu et θ' l'angle sous lequel il est vu à travers la lunette.

Triangle $O_1A_1B_1$, rectangle en A_1 : $\tan\theta = \frac{A_1B_1}{O_1A_1} = \frac{A_1B_1}{f'_1}$, donc $\theta \approx \frac{A_1B_1}{f'_1}$.

Triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1 : $\tan\theta' = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{f'_2}$, donc $\theta' \approx \frac{A_1B_1}{f'_2}$.

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_2}$$

Avec $f'_1 = 600$ mm : $G = \frac{600}{20} = 30$ et $G = \frac{600}{4} = 150$.

$G = \frac{f'_1}{f'_2}$; on trouve $G = 30$ et $G = 150$: les grossissements annoncés ($\times 30$ et $\times 150$) sont corrects.

PIÈGE
Diviser 60,0 par 4 ou par 20 sans convertir : les deux distances focales doivent être dans la même unité. G est un rapport de longueurs, il n'a pas d'unité.

COMPRENDRE
Le plus fort grossissement s'obtient avec l'oculaire de plus courte distance focale. L'égalité $\tan\theta \approx \theta$ n'est valable que pour un angle exprimé en radians.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{600}{20}$ ≈ 30

$\frac{600}{4}$ ≈ 150

Q6 Indiquer la meilleure situation pour observer Jupiter. Calculer alors la valeur de la distance Terre-Jupiter D_{TJ}.

Données utiles $D_{TS} = 1{,}5 \times 10^8$ km ; $D_{JS} = 7{,}8 \times 10^8$ km

Jupiter s'observe le mieux quand elle est la plus proche de la Terre, c'est-à-dire en **opposition** : son diamètre apparent est alors le plus grand.

Dans cette position, le Soleil, la Terre et Jupiter sont alignés dans cet ordre (figure 2) :

$$D_{TJ} = D_{JS} - D_{TS} = 7{,}8 \times 10^8 - 1{,}5 \times 10^8 = 6{,}3 \times 10^8 \text{ km}$$

Jupiter en opposition : $D_{TJ} = 6{,}3 \times 10^8$ km

COMPRENDRE
En conjonction, les distances s'ajoutent : $D_{TJ} = 9{,}3 \times 10^8$ km, et Jupiter se trouve dans la direction du Soleil, donc noyée dans sa lumière. Deux chiffres significatifs, comme les données.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$7.8 \times 10^8 - 1.5 \times 10^8$ ≈ 6.3×10^8

Q7 Calculer le diamètre apparent θ de la grande tache rouge vue à l'œil nu.

Données utiles diamètre de la tache $D = 1{,}5 \times 10^4$ km ; $D_{TJ} = 6{,}3 \times 10^8$ km (Q6)

Dans le triangle rectangle de la figure 3 : $\tan\theta = \frac{D}{D_{TJ}}$. L'angle étant très petit, $\tan\theta \approx \theta$:

$$\theta = \frac{D}{D_{TJ}} = \frac{1{,}5 \times 10^4}{6{,}3 \times 10^8} = 2{,}4 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

$\theta = 2{,}4 \times 10^{-5}$ rad

PIÈGE
La lettre D désigne ici le diamètre de la tache, pas celui de l'objectif (50 mm). Les deux longueurs du quotient sont dans la même unité (km) : aucune conversion n'est nécessaire, et le résultat est en radians.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1.5 \times 10^4}{6.3 \times 10^8}$ ≈ 2.380952×10^{-5}

Q8 Calculer la valeur du diamètre apparent θ' de la grande tache rouge vue à travers la lunette avec le plus petit grossissement de la lunette.

Données utiles $G = 30$ (Q5) ; $\theta = \dfrac{D}{D_{TJ}}$ (Q7)

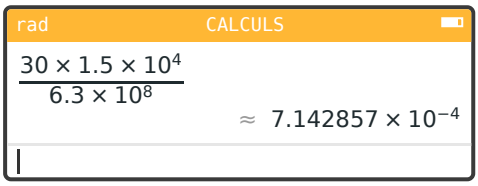
D'après la définition du grossissement, $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$, donc $\theta' = G \times \theta$ avec $G = 30$:

$$\theta' = G \times \frac{D}{D_{TJ}} = 30 \times \frac{1{,}5 \times 10^{4}}{6{,}3 \times 10^{8}} = 7{,}1 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$\theta' = 7{,}1 \times 10^{-4}$ rad

MÉTHODE
On reprend la valeur non arrondie de θ (ou son expression). Avec la valeur arrondie $2{,}4 \times 10^{-5}$ rad, on obtiendrait $7{,}2 \times 10^{-4}$ rad : l'écart vient de l'arrondi et ne change pas la conclusion.

À LA CALCULATRICE



Q9 Déterminer si l'élève pourra voir la grande tache rouge avec cette lunette au plus petit grossissement.

Données utiles l'œil ne distingue pas deux points si $\theta' < 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad ; $\theta' = 7{,}1 \times 10^{-4}$ rad (Q8)

On compare l'angle sous lequel la tache est vue à travers la lunette à la limite de résolution de l'œil :

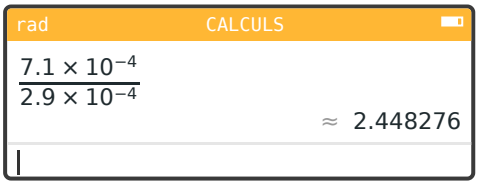
$$\theta' = 7{,}1 \times 10^{-4} \text{ rad} > 2{,}9 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

Les deux bords de la tache sont donc vus séparément.

Oui : même au grossissement $\times 30$, l'élève peut distinguer la grande tache rouge (θ' vaut environ 2,5 fois la limite de l'œil).

COMPRENDRE
À l'œil nu, $\theta = 2{,}4 \times 10^{-5}$ rad est environ douze fois plus petit que la limite : la tache est invisible sans instrument.

À LA CALCULATRICE



Q10 Citer un phénomène optique susceptible de dégrader la visibilité de la grande tache rouge.

La **diffraction** de la lumière par l'ouverture circulaire de l'objectif.

COMPRENDRE
L'image d'un point n'est pas un point mais une petite tache, d'autant plus large que le diamètre de l'objectif est petit (ici 50 mm seulement). Deux détails trop proches se confondent alors.