L'astroscope

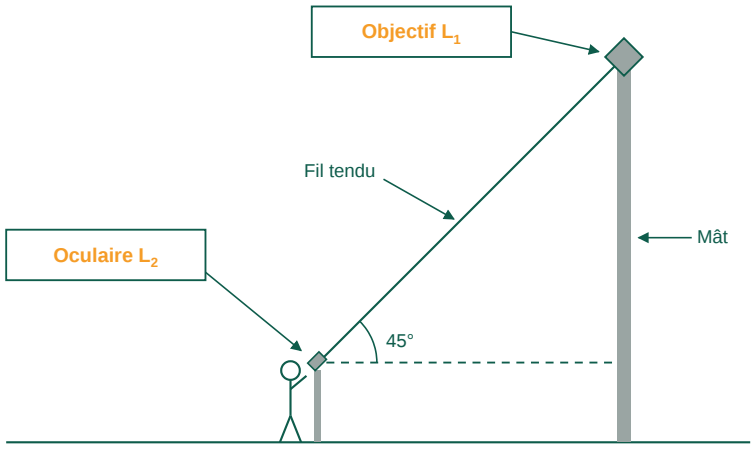
Bac 2026 Métropole J2 Secours · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Compléter le schéma de la figure A1 de l'annexe en identifiant l'objectif et l'oculaire de la lunette modélisée.

L'objectif est la lentille tournée vers l'astre : c'est celle qui est fixée en haut du mât. L'oculaire est la lentille placée devant l'œil de l'observateur, au bas du fil.

Cadre du haut (sommet du mât) : **objectif** L_1 ; cadre du bas (près de l'observateur) : **oculaire** L_2.

COMPRENDRE
L'objectif reçoit la lumière de l'objet, l'oculaire est du côté de l'œil. L'objectif d'une lunette a toujours la plus grande distance focale : ici 34 m contre $7{,}0$ cm.



Q1 · Figure A1 complétée

Q2 La longueur du fil étant égale à f_1', montrer que la hauteur minimale du mât nécessaire à la réalisation de l'astroscope est voisine de 25 m.

Données utiles $f_1' = 34$ m ; le fil fait un angle de 45° avec l'horizontale (figure A1)

Le fil, l'horizontale passant par l'oculaire et le mât forment un triangle rectangle dont le fil est l'hypoténuse. La hauteur h de l'objectif au-dessus de l'oculaire vérifie :

$$\sin(45^\circ) = \frac{h}{f_1'} \quad \text{donc} \quad h = f_1' \times \sin(45^\circ) = 34 \times \sin(45^\circ) = 24 \text{ m}$$

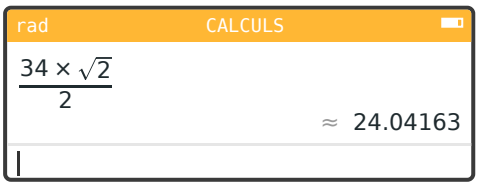
Le mât doit porter l'objectif à 24 m au moins au-dessus de l'oculaire ; en ajoutant la hauteur de l'oculaire au-dessus du sol (environ 1 m), on retrouve une hauteur voisine de 25 m.

$h = f_1' \sin(45^\circ) = 24$ m, voisine de 25 m.

PIÈGE
Calculatrice en mode degré : en mode radian, $\sin(45)$ donne $0{,}85$ et une hauteur fausse de 29 m.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $f_1' = 34$ m. Le calcul donne la hauteur au-dessus de l'oculaire : le sujet dit « voisine de 25 m » car il faut encore ajouter la hauteur de l'oculaire au-dessus du sol.

À LA CALCULATRICE

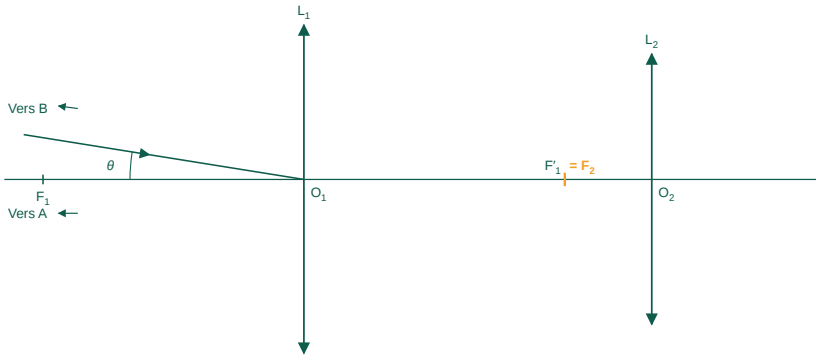


Q3 Placer, sur la figure A2 de l'annexe, le foyer objet F_2 de l'oculaire permettant de remplir la condition décrite par Jacques Cassini.

« Réunir le foyer oculaire à celui de l'objectif » : le foyer objet F_2 de l'oculaire doit être confondu avec le foyer image F_1' de l'objectif. La lunette est alors afocale.

F_2 est placé sur l'axe optique, au même point que F_1'.

COMPRENDRE
Lunette afocale : l'image d'un objet à l'infini est rejetée à l'infini. L'œil l'observe sans accommoder, donc sans fatigue.



Q3 · Figure A2 : le foyer objet F_2 de l'oculaire est confondu avec F_1'

Q4 Tracer, sur la figure A2, la marche de deux rayons issus d'un point B très éloigné et émergeant de la lunette vers un point B' très éloigné. Faire apparaître l'image B_1 de B donnée par la lentille L_1.

B est à l'infini : les deux rayons incidents sont parallèles entre eux (même inclinaison θ que le rayon déjà tracé).

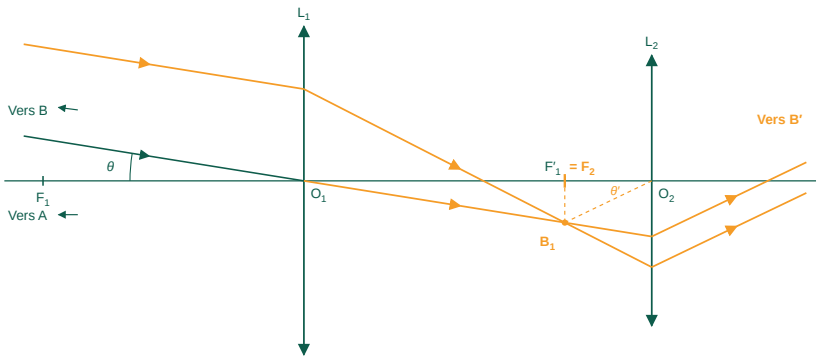
Le rayon passant par O_1 n'est pas dévié. Il coupe le plan focal image de L_1 (perpendiculaire à l'axe en F_1') au point B_1, image de B par L_1. Le second rayon, après L_1, passe aussi par B_1.

B_1 est dans le plan focal objet de L_2 : son image B' est à l'infini. Les deux rayons émergent de L_2 parallèles entre eux, dans la direction de la droite (B_1O_2), tracée en pointillés.

B_1 est dans le plan focal commun, sous l'axe ; les rayons émergents sont parallèles à (B_1O_2).

PIÈGE
Arrêter les rayons en B_1 ou les faire sortir de L_2 parallèles à l'axe optique. Chaque rayon se prolonge en ligne droite de L_1 à L_2 et ne change de direction que sur les lentilles.

MÉTHODE
1) Rayon par O_1, non dévié : il donne B_1 dans le plan focal. 2) Tout rayon parallèle au premier passe par B_1 après L_1. 3) Tracer (B_1O_2) en pointillés : les rayons sortent de L_2 parallèles à cette droite.



Q4 · Figure A2 complétée (tracés de l'élève en orange)

Q5 Montrer que le grossissement de l'astroscope s'écrit $G = \frac{f_1'}{f_2'}$.

On note A_1 l'image de A par L_1 : A est sur l'axe, à l'infini, donc A_1 est en F_1', confondu avec F_2.

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

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1 : $\tan\theta' = \frac{A_1B_1}{O_2F_2} = \frac{A_1B_1}{f_2'}$.

Les angles sont petits : $\tan\theta \approx \theta$ et $\tan\theta' \approx \theta'$ (en radian). Donc :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \times \frac{f_1'}{A_1B_1}$$

$$\boxed{G = \frac{f_1'}{f_2'}}$$

PIÈGE
Inverser le rapport. Le grossissement est supérieur à 1 : la grande distance focale, celle de l'objectif, est au numérateur.

COMPRENDRE
θ est l'angle entre l'axe et le rayon passant par O_1 ; θ' est l'angle entre l'axe et la droite (B_1O_2), direction des rayons émergents. Les deux triangles ont le côté A_1B_1 en commun : c'est lui qui se simplifie.

Q6 Préciser, en argumentant, si on peut estimer que la valeur déterminée par Huygens est en accord avec θ_{ref}.

Données utiles $\theta' = 9{,}4 \times 10^{-2}$ rad ; $f_1' = 34$ m ; $f_2' = 7{,}0$ cm ; $u(G) = 40$; $u(\theta') = 2 \times 10^{-3}$ rad ; $\theta_{\text{ref}} = 2{,}2 \times 10^{-4}$ rad

Grossissement, avec les distances focales dans la même unité : $G = \dfrac{f_1'}{f_2'} = \dfrac{34}{7{,}0 \times 10^{-2}} = 4{,}9 \times 10^2$.

Angle sous lequel Jupiter est vue à l'œil nu, d'après la mesure de Huygens :

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

Incertitude-type :

$$u(\theta) = 1{,}9 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{2 \times 10^{-3}}{9{,}4 \times 10^{-2}}\right)^2 + \left(\frac{40}{4{,}9 \times 10^2}\right)^2}$$

$$u(\theta) = 1{,}6 \times 10^{-5} \text{ rad} \approx 2 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

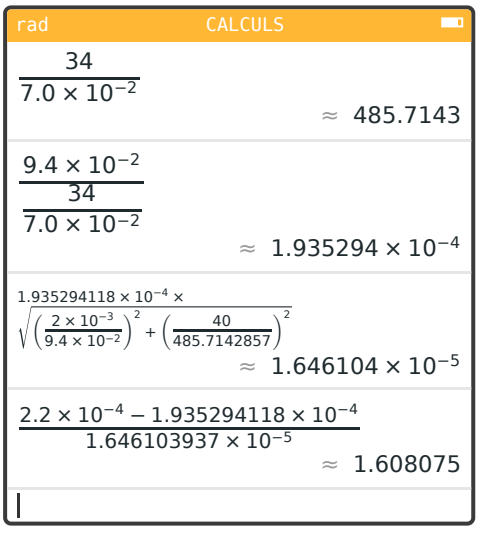
Mesure de Huygens : $\theta = (1{,}9 \pm 0{,}2) \times 10^{-4}$ rad.

Quotient, calculé avec les valeurs non arrondies :

$$\frac{|\theta - \theta_{\text{ref}}|}{u(\theta)} = \frac{|1{,}94 \times 10^{-4} - 2{,}2 \times 10^{-4}|}{1{,}65 \times 10^{-5}} \approx 1{,}6$$

Le quotient vaut environ $1{,}6$, inférieur à 2 : la valeur de Huygens, $\theta = 1{,}9 \times 10^{-4}$ rad, est en accord avec θ_{ref}.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Laisser f_2' en centimètres : on trouve $G = 4{,}9$ au lieu de $4{,}9 \times 10^2$. Autre erreur : comparer l'écart à θ_{ref} (écart relatif) au lieu de le diviser par $u(\theta)$.

COMPRENDRE
L'incertitude-type s'arrondit à un chiffre significatif, par excès. Avec les valeurs arrondies, le quotient vaut $0{,}3 \div 0{,}2 = 1{,}5$: la conclusion est la même. Le seuil usuel d'accord est 2.

MÉTHODE
Comparer à une référence : 1) calculer la valeur mesurée ; 2) calculer son incertitude-type ; 3) former le quotient $|x - x_{\text{ref}}| \div u(x)$; 4) conclure : accord si le quotient est inférieur à 2.