Observation distante

Bac 2024 Asie Jour 1 · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h 03**

Q1 Montrer que l'angle θ sous lequel l'observateur voit une pale de l'éolienne à l'œil nu vaut $2{,}3 \times 10^{-4}$ rad.

Données utiles $D = 195$ km ; $L = 44$ m ; pour un petit angle en radian, $\tan\theta \approx \theta$

Dans le triangle rectangle en A du document 1, la pale AB de longueur L est vue depuis l'œil à la distance D :

$$\tan\theta = \frac{AB}{D} = \frac{L}{D}$$

L'angle est très petit, donc $\theta \approx \tan\theta$:

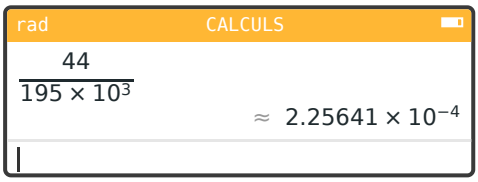
$$\theta = \frac{L}{D} = \frac{44}{195 \times 10^3} = 2{,}3 \times 10^{-4}\ \text{rad}$$

$\theta = 2{,}3 \times 10^{-4}$ rad : c'est bien la valeur annoncée.

PIÈGE
Diviser 44 par 195 sans convertir : L et D doivent être dans la même unité, ici le mètre ($D = 195 \times 10^3$ m).

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $L = 44$ m, la donnée la moins précise. Le rapport de deux longueurs donne directement un angle en radian.

À LA CALCULATRICE



Q2 Indiquer si l'observateur parvient à discerner la pale de l'éolienne à l'œil nu.

Données utiles $\theta = 2{,}3 \times 10^{-4}$ rad (Q1) ; $\varepsilon = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad

On compare l'angle θ au pouvoir séparateur ε de l'œil : $2{,}3 \times 10^{-4}\ \text{rad} < 3{,}0 \times 10^{-4}\ \text{rad}$.

Les extrémités A et B de la pale sont donc perçues comme un seul point.

$\theta < \varepsilon$: l'observateur ne discerne pas la pale à l'œil nu.

MÉTHODE
Une réponse par oui ou non ne suffit pas : on écrit l'inégalité avec les deux valeurs, puis on conclut avec le critère de l'énoncé.

Q3 Sur le schéma de l'annexe, associer aux lentilles les termes d'objectif et d'oculaire.

La lentille L_1, tournée vers l'objet distant, reçoit la lumière en premier : c'est l'objectif.

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

L_1 : objectif ; L_2 : oculaire (cadres remplis sur l'annexe, voir la figure de Q7).

COMPRENDRE
Les noms viennent de la position : l'objectif est du côté de l'objet, l'oculaire du côté de l'œil.

Q4 En expliquant le raisonnement, indiquer comment doit être positionné le foyer objet de l'oculaire par rapport au foyer image de l'objectif pour former une lunette afocale.

L'objet AB est à l'infini : l'objectif en donne une image intermédiaire A_1B_1 située dans son plan focal image, avec A_1 en F_1'.

Cette image A_1B_1 sert d'objet pour l'oculaire. Pour que l'image finale soit rejetée à l'infini, A_1B_1 doit se trouver dans le plan focal objet de l'oculaire, donc A_1 en F_2.

Le foyer objet F_2 de l'oculaire doit être confondu avec le foyer image F_1' de l'objectif.

PIÈGE
Affirmer « F_1' et F_2 sont confondus » sans justification : la question demande le raisonnement, en deux temps (objectif, puis oculaire).

COMPRENDRE
Image finale à l'infini : l'œil la regarde sans accommoder, donc sans fatigue. C'est l'intérêt du réglage afocal.

Q5 Placer sur le schéma de l'annexe les foyers F_2 et F_2' de la lentille L_2.

D'après Q4, F_2 est placé sur le point F_1' déjà marqué sur l'axe optique.

Les deux foyers d'une lentille mince sont symétriques par rapport à son centre optique : F_2' est placé après L_2, tel que $O_2F_2' = F_2O_2$.

F_2 confondu avec F_1' ; F_2' symétrique de F_2 par rapport à O_2 (voir la figure de Q7).

PIÈGE
Placer F_2' au jugé : on reporte la longueur F_2O_2 de l'autre côté de la lentille, à la règle ou au compas.

Q6 En déduire l'expression de la distance $d = O_1O_2$ entre les lentilles, en fonction de f_1' et f_2', pour que la lunette soit afocale.

Les points O_1, F_1' (confondu avec F_2) et O_2 sont alignés dans cet ordre sur l'axe optique :

$$d = O_1O_2 = O_1F_1' + F_2O_2$$

Or $O_1F_1' = f_1'$ et $F_2O_2 = f_2'$.

$$d = f_1' + f_2'$$

Q7 Sur le schéma de l'annexe, tracer la marche des deux rayons issus du point B lointain à travers la lunette, en faisant apparaître l'image intermédiaire A_1B_1.

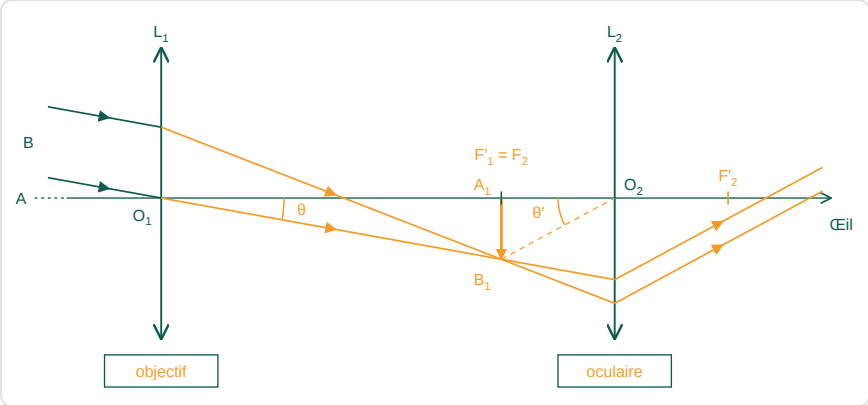
Tracé réalisé sur l'annexe, en trois étapes :

- le rayon qui passe par le centre optique O_1 n'est pas dévié ; il coupe le plan focal image de l'objectif (perpendiculaire à l'axe passant par F_1') au point B_1 ;
- les deux rayons incidents sont parallèles : après L_1, le second rayon passe lui aussi par B_1. L'image intermédiaire A_1B_1 est le segment qui joint A_1 (en F_1') à B_1 ;
- B_1 est dans le plan focal objet de l'oculaire : les deux rayons sortent de L_2 parallèles entre eux, parallèles à la droite (B_1O_2) tracée en pointillés.

A_1B_1 est dans le plan focal commun, renversée ; les rayons émergents sont parallèles à (B_1O_2).

PIÈGE
Faire converger les rayons après l'oculaire, ou les faire sortir parallèles à l'axe. L'image finale est à l'infini : rayons émergents parallèles entre eux, mais inclinés.

MÉTHODE
Pour la direction de sortie, on trace le rayon fictif qui passe par B_1 et par O_2 : il n'est pas dévié. Tous les rayons issus de B_1 ressortent parallèles à lui.



Q7 · Annexe complétée (Q3, Q5, Q7 et Q8) : en orange, ce que l'élève ajoute

Q8 Sur le schéma de l'annexe, positionner les angles θ et θ'.

L'angle θ est l'angle entre l'axe optique et les rayons incidents issus de B : on le marque en O_1, entre l'axe et le rayon non dévié (O_1B_1).

L'angle θ' est l'angle entre l'axe optique et les rayons émergents : on le marque en O_2, entre l'axe et la droite (O_2B_1), parallèle à ces rayons.

$\theta = \widehat{A_1O_1B_1}$ et $\theta' = \widehat{A_1O_2B_1}$ (voir la figure de Q7).

COMPRENDRE
Placés ainsi, les deux angles appartiennent à deux triangles rectangles qui ont le côté A_1B_1 en commun : c'est ce qui sert à la question suivante.

Q9 En exploitant le schéma obtenu, montrer que le grossissement s'écrit $G = \dfrac{f'_1}{f'_2}$.

Dans le triangle $O_1A_1B_1$, rectangle en A_1 : $\tan\theta = \dfrac{A_1B_1}{O_1A_1} = \dfrac{A_1B_1}{f'_1}$.

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1 : $\tan\theta' = \dfrac{A_1B_1}{A_1O_2} = \dfrac{A_1B_1}{f'_2}$.

Les angles sont petits : $\theta \approx \tan\theta$ et $\theta' \approx \tan\theta'$. Alors :

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

$$G = \frac{f'_1}{f'_2}$$

PIÈGE
Inverser le rapport. Vérification rapide : θ' s'appuie sur la petite distance f'_2, il est le plus grand des deux angles, donc $G > 1$ si $f'_1 > f'_2$.

Q10 Proposer un choix de lentilles pour l'objectif et l'oculaire permettant à l'observateur de distinguer confortablement les pales de l'éolienne.

Données utiles focales disponibles : 5,0 cm ; 10,0 cm ; 12,5 cm ; 20,0 cm ; 30,0 cm ; $D = 195$ km ; $L = 44$ m ; $\varepsilon = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad ; critère : $\theta' \geqslant 4\,\varepsilon$

Grossissement nécessaire. Comme $\theta' = G\,\theta$ avec $\theta = \dfrac{L}{D}$ (Q1), le critère $\theta' \geqslant 4\,\varepsilon$ s'écrit :

$$G \geqslant \frac{4\,\varepsilon}{\theta} = \frac{4\,\varepsilon\,D}{L} = \frac{4 \times 3{,}0 \times 10^{-4} \times 195 \times 10^{3}}{44} = 5{,}3$$

Choix des lentilles. D'après Q9, $G = \dfrac{f'_1}{f'_2}$: il faut la plus grande focale pour l'objectif et la plus petite pour l'oculaire. Avec $f'_1 = 30{,}0$ cm et $f'_2 = 5{,}0$ cm :

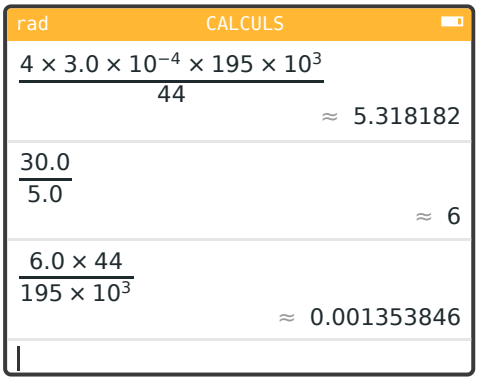
$$G = \frac{30{,}0}{5{,}0} = 6{,}0 \geqslant 5{,}3$$

Les autres couples ne conviennent pas : le meilleur suivant, 20,0 cm et 5,0 cm, donne seulement $G = 4{,}0$.

Vérification. $\theta' = G\,\theta = 6{,}0 \times \dfrac{44}{195 \times 10^{3}} = 1{,}4 \times 10^{-3}$ rad, supérieur à $4\,\varepsilon = 1{,}2 \times 10^{-3}$ rad.

Objectif : $f'_1 = 30{,}0$ cm ; oculaire : $f'_2 = 5{,}0$ cm ; $G = 6{,}0$.

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE

C'est le seul couple possible parmi les cinq lentilles. La lunette mesure alors $d = f'_1 + f'_2 = 35{,}0$ cm (Q6), longueur à régler en faisant coulisser les tubes.

MÉTHODE

Question ouverte : traduire le critère en condition sur G, choisir, puis vérifier par le calcul. Chaque étape rédigée rapporte des points, même si la démarche n'aboutit pas.