Observer les cratères lunaires Messier

Bac 2021 Sujet zéro Terminale spécialité · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 55 min**

1.1 Expliquer pourquoi la lunette décrite est commercialisée comme une lunette « 70/300 ».

D'après la fiche technique, l'objectif a un diamètre de 70 mm et une distance focale de 300 mm.

« 70/300 » signifie : diamètre de l'objectif (70 mm) / distance focale de l'objectif (300 mm).

1.2 Compléter l'annexe : marche du rayon issu de B_∞ à travers la lunette afocale, image intermédiaire A_1B_1 et angle θ' sous lequel est vue l'image $A'B'$.

Le rayon issu de B_∞ passe par le centre optique O_1 de l'objectif : il n'est pas dévié.

L'objet est à l'infini : son image A_1B_1 se forme dans le plan focal image de l'objectif, avec A_1 en F'_{obj} et B_1 sur le rayon tracé.

B_1 est dans le plan focal objet de l'oculaire : le rayon émerge de l'oculaire parallèlement à la droite (B_1O_2).

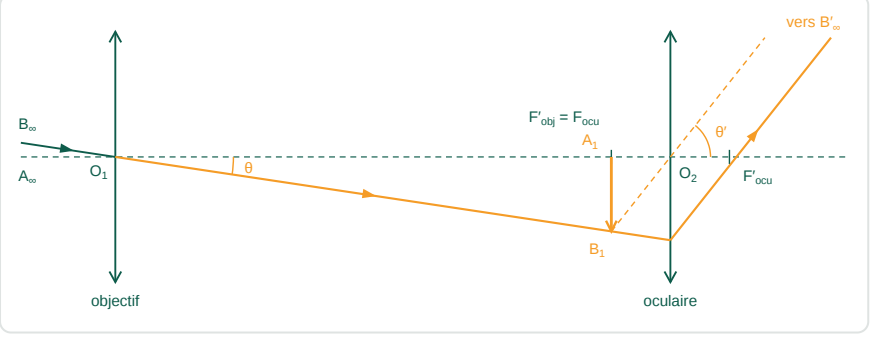
A_1B_1 est dans le plan focal commun ; θ' est l'angle entre l'axe optique et le rayon émergent.

PIÈGE

Faire converger le rayon émergent vers F'_{ocu} : cela ne vaut que pour un rayon arrivant parallèlement à l'axe optique, ce qui n'est pas le cas ici.

MÉTHODE

Pour tracer le rayon émergent, on trace d'abord en pointillés la droite (B_1O_2) : un rayon passant par O_2 ne serait pas dévié. Tous les rayons issus de B_1 sortent parallèles à cette droite.



1.2 · Annexe complétée : image intermédiaire A_1B_1 et angle θ' en sortie de la lunette

1.3 Définir le terme « afocal », puis expliquer l'intérêt de disposer d'une lunette afocale.

Un système afocal donne d'un objet situé à l'infini une image elle aussi située à l'infini. C'est le cas ici puisque F'_{obj} et F_{ocu} sont confondus.

L'œil observe une image à l'infini : il n'accommode pas, l'observation se fait sans fatigue visuelle.

COMPRENDRE

Un œil normal au repos voit net à l'infini. Si l'image finale était proche, le cristallin devrait se bomber en permanence, ce qui fatigue lors d'une longue observation.

1.4 Définir le grossissement de la lunette puis montrer, à partir de l'annexe, que $G = \dfrac{f'_{obj}}{f'_{ocu}}$.

Données utiles pour les petits angles en radian, $\tan\theta \approx \theta$

Le grossissement est $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$, avec θ l'angle sous lequel l'objet est vu à l'œil nu et θ' l'angle sous lequel son image est vue à travers la lunette.

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

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

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1 : $\tan\theta' = \dfrac{A_1B_1}{O_2A_1} = \dfrac{A_1B_1}{f'_{ocu}}$,

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

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f'_{ocu}} \times \frac{f'_{obj}}{A_1B_1}$$

$$\boxed{G = \frac{f'_{obj}}{f'_{ocu}}}$$

PIÈGE
Inverser le rapport. La focale de l'objectif est au numérateur : plus la focale de l'oculaire est courte, plus la lunette grossit.

MÉTHODE
Les deux angles s'écrivent avec le même côté A_1B_1, commun aux deux triangles : il se simplifie dans le rapport. L'angle θ se retrouve en O_1 dans le triangle $O_1A_1B_1$ (angles opposés par le sommet).

2.1 Montrer, en précisant les hypothèses à l'aide d'un schéma, que l'angle θ sous lequel le cratère Messier est vu depuis la Terre vaut $2{,}86 \times 10^{-5}$ rad.

Données utiles $D = 3{,}84 \times 10^5$ km ; $d = 11{,}0$ km

Hypothèses : le cratère est vu de face, sa largeur d étant perpendiculaire à la direction d'observation, et $d \ll D$, donc l'angle θ est petit.

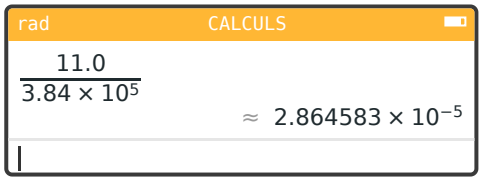
D'après le schéma : $\tan\theta = \dfrac{d}{D}$, et comme θ est petit, $\tan\theta \approx \theta$.

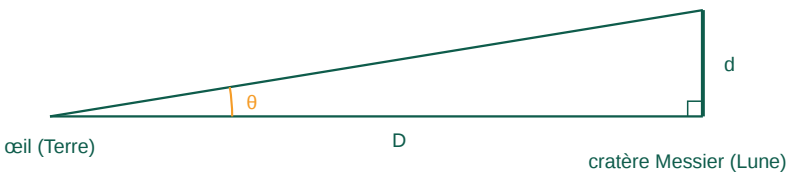
$$\theta = \frac{d}{D} = \frac{11{,}0}{3{,}84 \times 10^5} = 2{,}86 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

$\theta = 2{,}86 \times 10^{-5}$ rad : on retrouve la valeur annoncée.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme d et D. Les deux longueurs sont en kilomètres : leur rapport est sans unité, et l'angle obtenu est en radian.

À LA CALCULATRICE





2.1 · Le cratère, de largeur d, vu depuis la Terre à la distance D (échelle non respectée)

2.2 L'observation du cratère lunaire Messier est-elle possible à l'œil nu ?

Données utiles $\varepsilon = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad ; $\theta = 2{,}86 \times 10^{-5}$ rad (2.1)

$\theta = 2{,}86 \times 10^{-5}$ rad est inférieur à $\varepsilon = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad, environ dix fois plus petit.

$\theta < \varepsilon$: l'œil nu ne peut pas distinguer les deux bords du cratère, l'observation est impossible.

PIÈGE
Comparer les mantisses 2,86 et 3,0 sans regarder les puissances de dix : 10^{-5} contre 10^{-4}, il y a un facteur dix entre les deux angles.

2.3 Calculer la taille de l'image intermédiaire A_1B_1 du cratère Messier à travers l'objectif de la lunette.

Données utiles $f'_{obj} = 300$ mm ; $\theta = 2{,}86 \times 10^{-5}$ rad (2.1)

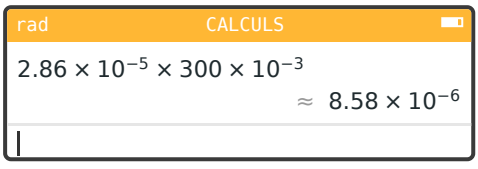
D'après la question 1.4 : $\theta = \dfrac{A_1B_1}{f'_{obj}}$, donc $A_1B_1 = \theta \times f'_{obj}$.

$$A_1B_1 = 2{,}86 \times 10^{-5} \times 300 \times 10^{-3} = 8{,}58 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$A_1B_1 = 8{,}58 \times 10^{-6}$ m, soit environ $8{,}6$ μm

PIÈGE
Laisser la focale en millimètres en annonçant un résultat en mètres. Avec $\theta = d/D$ non arrondi, on obtient $8{,}59 \times 10^{-6}$ m : les deux valeurs sont acceptées.

À LA CALCULATRICE



2.4 Déterminer le ou les oculaires, parmi les trois fournis, qu'un astronome amateur doit utiliser pour espérer observer le cratère Messier.

Données utiles $f'_{obj} = 300$ mm ; f'_{ocu} : 35 mm, 20 mm ou 10 mm ; $\varepsilon = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad ; $\theta = 2{,}86 \times 10^{-5}$ rad (2.1)

Le cratère est observable si l'angle θ' en sortie de la lunette est supérieur au pouvoir séparateur de l'œil : $\theta' > \varepsilon$.

D'après la question 1.4 : $\theta' = G \times \theta = \dfrac{f'_{obj}}{f'_{ocu}} \times \theta$.

- Oculaire de 35 mm : $\theta' = \dfrac{300}{35} \times 2{,}86 \times 10^{-5} = 2{,}5 \times 10^{-4}$ rad $< \varepsilon$.
- Oculaire de 20 mm : $\theta' = \dfrac{300}{20} \times 2{,}86 \times 10^{-5} = 4{,}3 \times 10^{-4}$ rad $> \varepsilon$.
- Oculaire de 10 mm : $\theta' = \dfrac{300}{10} \times 2{,}86 \times 10^{-5} = 8{,}6 \times 10^{-4}$ rad $> \varepsilon$.

Il faut utiliser l'oculaire de 20 mm ou celui de 10 mm ; celui de 35 mm ne grossit pas assez.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs suffisent ici, comme pour ε et les focales des oculaires. Le rapport des focales se calcule en millimètres : les unités se simplifient.

MÉTHODE
Autre démarche : chercher le grossissement minimal $G_{min} = \varepsilon/\theta \approx 10{,}5$, puis la focale maximale $f'_{ocu} = f'_{obj}/G_{min} \approx 29$ mm. Seuls les oculaires de 20 mm et 10 mm conviennent.

À LA CALCULATRICE

