Spécialité : étude de la notice d'un télescope

Bac S 2007 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1.1 Placer sur l'annexe 5 le sommet S du miroir sphérique convergent et son foyer principal F.

Données utiles $f'_1 = 1000$ mm ; échelle 1/10 suivant l'axe optique

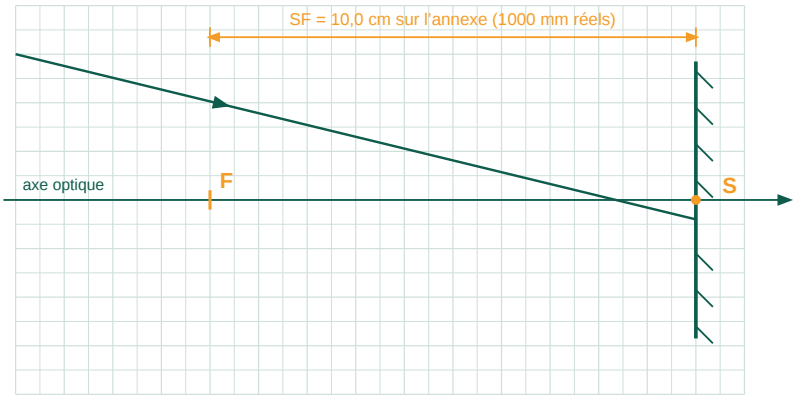
Le sommet S est le point où l'axe optique rencontre le miroir.

Le foyer principal F est sur l'axe optique, devant le miroir, à la distance $SF = f'_1 = 1000$ mm de S. À l'échelle 1/10 :

$$SF_{\text{annexe}} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ mm}$$

S est à l'intersection du miroir et de l'axe optique ; F est sur l'axe, 10,0 cm à gauche de S sur l'annexe.

PIÈGE
Utiliser l'échelle 1/2 : elle ne sert que pour les longueurs perpendiculaires à l'axe (le diamètre du miroir). Le long de l'axe, c'est l'échelle 1/10.



1.1.1 · Annexe 5 : sommet S et foyer principal F

1.1.2 Quelle relation existe-t-il entre $\overline{CS}$ et $\overline{CF}$, C étant le centre du miroir ?

Le foyer principal F d'un miroir sphérique est le milieu du segment $[CS]$.

$\overline{CS} = 2\,\overline{CF}$

COMPRENDRE
Le rayon du miroir vaut donc $CS = 2f'_1 = 2000$ mm, soit 20 cm à l'échelle de l'annexe 5 : le centre C est en dehors de la feuille.

1.1.3 Où se forme l'image d'un objet placé à l'infini ?

Les rayons issus d'un point à l'infini arrivent parallèles entre eux sur le miroir ; après réflexion, ils convergent en un point du plan perpendiculaire à l'axe optique passant par F.

L'image se forme dans le plan focal du miroir (au foyer F lui-même si l'objet est sur l'axe optique).

1.1.4 Construire sur l'annexe 5 l'image d'un objet lumineux situé à l'infini (étoile), un des rayons issus de l'objet étant déjà représenté.

L'étoile est à l'infini : tous ses rayons sont parallèles au rayon donné, et son image B_1 est dans le plan focal (1.1.3).

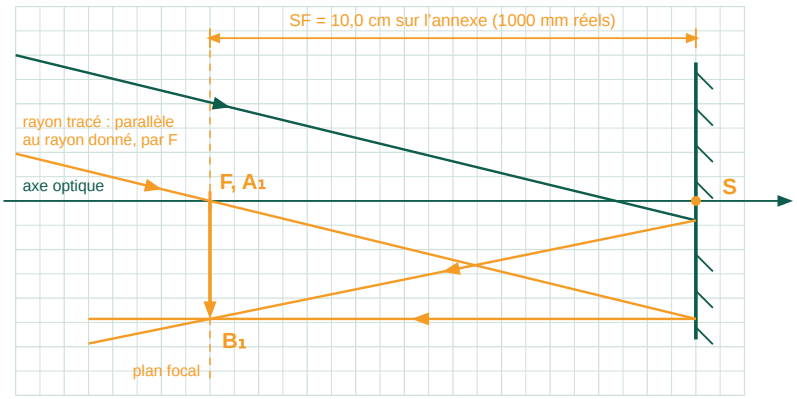
- On trace le rayon parallèle au rayon donné qui passe par F : il se réfléchit parallèlement à l'axe optique.
- Ce rayon réfléchi coupe le plan focal en B_1.
- Le rayon donné se réfléchit en passant lui aussi par B_1.

Le point A_1, image du point de l'objet situé sur l'axe, est en F.

L'image A_1B_1 est dans le plan focal, A_1 en F et B_1 sous l'axe (environ 2,4 cm sur l'annexe) : image réelle et renversée.

PIÈGE
Réfléchir le rayon donné « au jugé ». Sa direction après réflexion n'est connue qu'une fois B_1 placé grâce au rayon passant par F.

MÉTHODE
Deux rayons utiles pour un miroir sphérique : celui qui passe par F repart parallèle à l'axe ; celui qui passe par C revient sur lui-même. Ici C est hors de la feuille : seul le premier est traçable.



1.1.4 · Annexe 5 complétée : image A₁B₁ d'une étoile

1.2.1 On veut une image finale à l'infini. Où la deuxième image intermédiaire doit-elle se former par rapport à l'oculaire ?

Une lentille convergente donne une image à l'infini d'un objet situé dans son plan focal objet.

La deuxième image intermédiaire doit se former dans le plan focal objet de l'oculaire (son point sur l'axe est au foyer objet de l'oculaire).

COMPRENDRE
L'œil observe alors sans accommoder, donc sans fatigue. C'est le même réglage que pour la lunette astronomique afocale, où l'image donnée par l'objectif est au foyer objet de l'oculaire.

1.2.2 Vérifier cette affirmation à l'aide de la formule de conjugaison.

Notations : O_2 centre optique de l'oculaire, F_2 et F_2' ses foyers objet et image, A_2 le point objet sur l'axe (deuxième image intermédiaire), A' son image par l'oculaire.

Relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_2}} = \frac{1}{\overline{O_2F_2'}}$$

A_2 est en F_2, donc $\overline{O_2A_2} = \overline{O_2F_2} = -\overline{O_2F_2'}$:

$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} = \frac{1}{\overline{O_2F_2'}} + \frac{1}{\overline{O_2A_2}} = \frac{1}{\overline{O_2F_2'}} - \frac{1}{\overline{O_2F_2'}} = 0$$

$\frac{1}{\overline{O_2A'}} = 0$: $\overline{O_2A'}$ est infini, l'image finale est bien rejetée à l'infini.

PIÈGE
Oublier le signe : l'objet est avant la lentille, $\overline{O_2A_2}$ est négatif. Avec $\overline{O_2A_2} = +\overline{O_2F_2'}$ on trouverait $\overline{O_2A'} = \overline{O_2F_2'}/2$, ce qui est faux.

1.3.1 Définir le cercle oculaire.

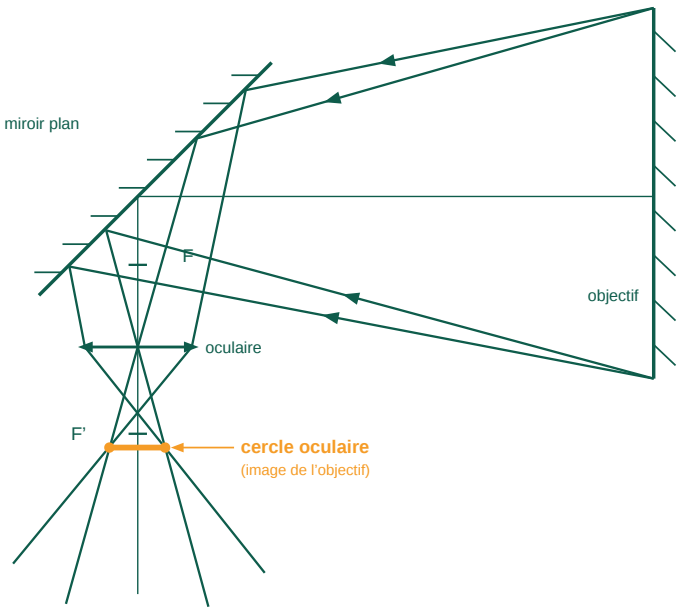
Le cercle oculaire est l'image de l'objectif (ici le miroir sphérique) donnée par l'oculaire, après réflexion sur le miroir plan dans ce télescope.

1.3.2 Positionner le cercle oculaire sur l'annexe 6.

Les deux rayons issus du bord supérieur de l'objectif se coupent, après l'oculaire, en un point : c'est l'image de ce bord. De même pour les deux rayons issus du bord inférieur.

Le cercle oculaire est le segment qui joint ces deux points d'intersection : il est perpendiculaire à l'axe de l'oculaire, juste après le foyer image F' (voir annexe 6).

MÉTHODE
L'image d'un point est là où se recoupent les rayons qui en sont issus. Deux rayons par bord de l'objectif suffisent : pas besoin de formule de conjugaison.



1.3.2 · Annexe 6 complétée : position du cercle oculaire

1.3.3 Indiquer l'intérêt pratique du cercle oculaire.

Toute la lumière captée par l'objectif et sortant de l'oculaire traverse le cercle oculaire : c'est là que le faisceau émergent est le plus étroit.

En plaçant la pupille de l'œil au niveau du cercle oculaire, l'observateur reçoit le maximum de lumière : l'image observée est la plus lumineuse possible.

2.1 Lequel des deux oculaires fournis faut-il choisir pour avoir le plus grand grossissement ? Justifier.

Données utiles $f'_1 = 1000$ mm ; oculaire MA 25 : $f'_2 = 25$ mm ; oculaire MA 9 : $f'_3 = 9$ mm

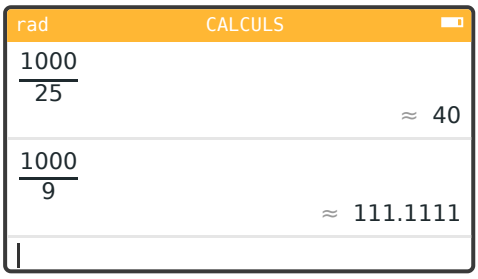
$G = \dfrac{f'_1}{f'_{\text{oculaire}}}$: la distance focale de l'objectif étant fixée, G est d'autant plus grand que la distance focale de l'oculaire est petite.

$$G_{25} = \frac{1000}{25} = 40 \qquad G_9 = \frac{1000}{9} \approx 111$$

Il faut choisir l'oculaire MA 9 ($f'_3 = 9$ mm), qui grossit 111 fois contre 40 fois pour le MA 25.

COMPRENDRE
On retrouve les valeurs « 40 fois » et « 111 fois » de la notice. La formule est la même que pour la lunette astronomique afocale : seul l'objectif change (un miroir au lieu d'une lentille).

À LA CALCULATRICE



2.2 Calculer la distance focale de l'oculaire nécessaire pour obtenir le grossissement maximum utile de 228 fois.

Données utiles $f'_1 = 1000$ mm ; $G_{\max} = 228$

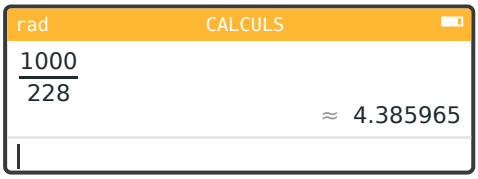
$G_{\max} = \dfrac{f'_1}{f'_{\text{oc}}}$, donc $f'_{\text{oc}} = \dfrac{f'_1}{G_{\max}}$

$$f'_{\text{oc}} = \frac{1000}{228} = 4{,}39 \text{ mm}$$

$f'_{\text{oc}} = 4{,}39$ mm

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme pour 228. Le rapport de deux longueurs dans la même unité n'a pas d'unité : en gardant f'_1 en millimètres, le résultat sort en millimètres.

À LA CALCULATRICE



2.3.1 Rappeler la définition du diamètre apparent θ.

Le diamètre apparent θ d'un objet est l'angle sous lequel cet objet est vu à l'œil nu, c'est-à-dire l'angle entre les rayons issus de ses deux extrémités qui arrivent dans l'œil.

2.3.2 Calculer le diamètre apparent θ (en radian) du plus petit détail visible sur la Lune.

Données utiles taille du détail $L = 2{,}1$ km ; distance Terre-Lune $d_{TL} = 3{,}8 \times 10^5$ km

Le détail, de taille L, est vu à la distance d_{TL} : $\tan\theta = \dfrac{L}{d_{TL}}$.

L'angle est très petit : $\tan\theta \approx \theta$ (en radian), donc $\theta = \dfrac{L}{d_{TL}}$.

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

$\theta = 5{,}5 \times 10^{-6}$ rad

PIÈGE
L'approximation $\tan\theta \approx \theta$ n'est valable que si θ est en radian. Les deux longueurs doivent être dans la même unité (ici le kilomètre), sans conversion nécessaire.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les deux données.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2.1}{3.8 \times 10^5} \approx 5.526316 \times 10^{-6}$$

2.3.3 Calculer le diamètre apparent θ' de l'objet à travers le télescope avec l'oculaire de distance focale $f'_3 = 9$ mm.

Données utiles $f'_1 = 1000$ mm ; $f'_3 = 9$ mm ; $\theta = 5{,}5 \times 10^{-6}$ rad (2.3.2)

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{f'_1}{f'_3}, \text{ donc } \theta' = \frac{f'_1}{f'_3} \times \theta = \frac{f'_1}{f'_3} \times \frac{L}{d_{TL}}$$

$$\theta' = \frac{1000}{9} \times \frac{2{,}1}{3{,}8 \times 10^5} = 6{,}1 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\boxed{\theta' = 6{,}1 \times 10^{-4} \text{ rad}}$$

COMPRENDRE

À l'œil nu, deux points se distinguent s'ils sont séparés d'environ 3×10^{-4} rad. Sans instrument, ce détail de 2,1 km est invisible ; à travers le télescope, θ' dépasse ce seuil.

MÉTHODE

Reprendre la valeur non arrondie de θ (ou l'expression littérale) pour calculer θ' : on évite de cumuler les arrondis.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{\frac{1000}{9} \times 2.1}{3.8 \times 10^5} \approx 6.140351 \times 10^{-4}$$