Spécialité : Télescope de Newton

Bac S 2003 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Définir la distance focale d'un miroir concave.

La distance focale est la distance entre le sommet S du miroir et son foyer F_1, point de l'axe où convergent, après réflexion, les rayons parallèles à l'axe. Le foyer est le milieu de $[SC]$.

$$f_1' = SF_1 = \frac{SC}{2}$$

COMPRENDRE
Le sommet S est le point où l'axe optique rencontre le miroir ; C est le centre de la sphère dont le miroir est une portion. La focale vaut donc la moitié du rayon de courbure.

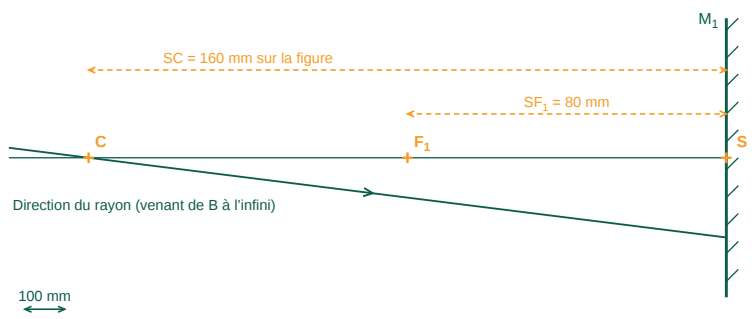
1.2 Sur la figure 1, positionner le sommet S, le centre C et le foyer F_1 en respectant l'échelle (10 mm sur la figure pour 100 mm réels).

Données utiles $SC = 1\,600$ mm ; focale de l'objectif : 800 mm

S est à l'intersection de l'axe optique et de M_1. À l'échelle 1/10 : $SC = 160$ mm sur la figure et $SF_1 = \frac{SC}{2} = 80$ mm.

C est à 160 mm de S, F_1 à 80 mm de S (milieu de $[SC]$).

COMPRENDRE
Vérification : la valeur $SF_1 = 800$ mm est bien la focale annoncée par la notice. Sur l'annexe, le rayon déjà tracé coupe l'axe au point C.



1.2 · Figure 1 de l'annexe : points S, C et F₁

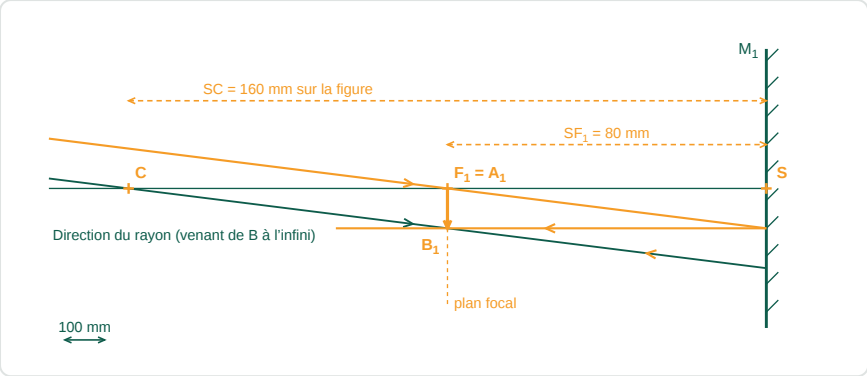
1.3 Construire sur la figure 1 l'image A_1B_1 de la planète Mars située à l'infini.

Mars est à l'infini : son image se forme dans le plan focal du miroir, avec $A_1 = F_1$.

Le rayon tracé, issu de B, passe par C : il se réfléchit sur lui-même. B_1 est à son intersection avec le plan focal.

A_1B_1 est dans le plan focal : A_1 en F_1, B_1 à 10 mm sous l'axe sur la figure.

MÉTHODE
Deux rayons utiles : celui qui passe par C revient sur lui-même ; celui qui passe par le foyer repart parallèlement à l'axe (tracé de contrôle, en orange). Les rayons issus d'un même point à l'infini sont parallèles entre eux.



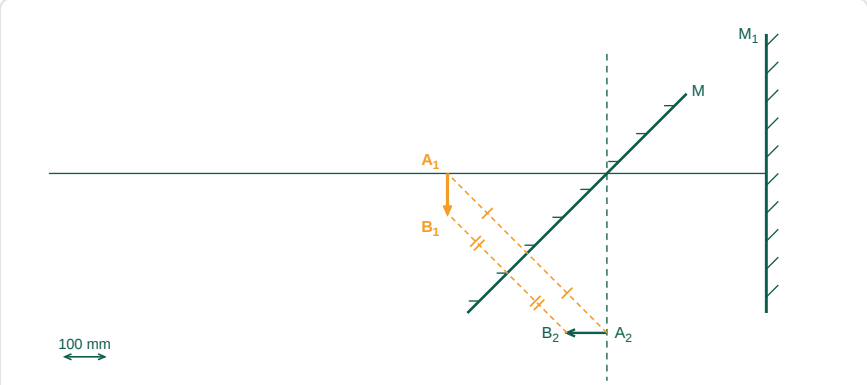
1.3 · Figure 1 complétée : image A_1B_1 dans le plan focal

2.1 À partir de A_2B_2, replacer par construction l'image intermédiaire A_1B_1 de Mars sur la figure 2.

Objet et image sont symétriques par rapport au plan d'un miroir plan. Pour A_2 puis B_2 : perpendiculaire à M, et report de la même distance de l'autre côté.

A_1B_1 est le symétrique de A_2B_2 par rapport à M : A_1 se retrouve en F_1.

PIÈGE
Tracer la symétrie par rapport à l'axe optique ou par rapport au point où M coupe l'axe. La symétrie se fait par rapport à la droite du miroir, incliné à 45° : le segment horizontal A_2B_2 devient vertical.



2.1 · Figure 2 complétée : A_1B_1, symétrique de A_2B_2 par rapport à M

2.2 Quel rôle joue l'image intermédiaire A_1B_1 pour le système miroir plan M et oculaire L ?

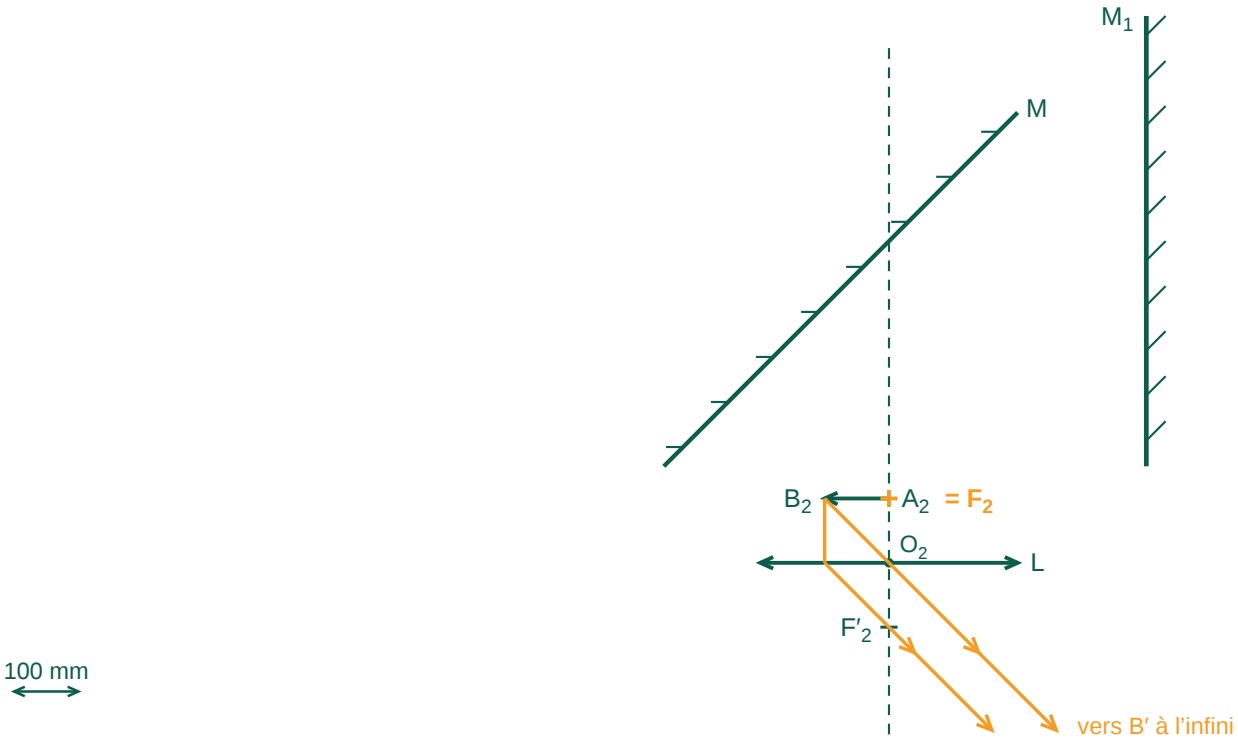
A_1B_1 joue le rôle d'**objet** pour le système formé par le miroir plan M et l'oculaire L.

COMPRENDRE
Dans un instrument à plusieurs éléments, l'image donnée par l'un sert d'objet au suivant. Ici le miroir M intercepte la lumière avant qu'elle ne converge en A_1B_1 : il ne fait que renvoyer l'image sur le côté du tube.

3.1 Placer le foyer objet F_2 de la lentille sur la figure 3.

Les foyers sont symétriques par rapport au centre optique O_2 : on reporte $O_2F_2 = O_2F_2'$ sur l'axe, du côté d'où vient la lumière.

F_2 est confondu avec le point A_2.



3.1 · Figure 3 complétée : foyer F_2 et rayons issus de B_2

3.2 Où se situe l'image définitive de la planète Mars observée à l'aide de ce télescope ?

A_2B_2, objet pour l'oculaire, se trouve dans le plan focal objet de la lentille ($A_2 = F_2$).

L'image définitive est rejetée à l'infini.

COMPRENDRE
C'est le sens du mot afocal : un objet à l'infini donne une image à l'infini. L'œil observe alors sans accommoder, donc sans fatigue.

3.3 Justifier la réponse précédente en traçant, sur la figure 3, la marche de deux rayons caractéristiques issus de B_2 et traversant la lentille L.

Voir la figure 3 complétée (question 3.1) :

- le rayon passant par le centre optique O_2 n'est pas dévié ;
- le rayon parallèle à l'axe optique de L émerge en passant par F'_2.

Les deux rayons émergents sont parallèles : l'image B' de B_2 est à l'infini.

PIÈGE
Tracer les rayons parallèles à l'axe du miroir M_1. L'axe optique de l'oculaire est la droite en pointillés, perpendiculaire à la lentille : c'est par rapport à lui que se définissent les rayons caractéristiques.

4.1 À partir des données de la fiche technique, calculer la distance focale f'_2 de l'oculaire.

Données utiles $G = 325$ (grossissement maximal théorique) ; $f'_1 = 800$ mm

$G = \dfrac{f'_1}{f'_2}$ donc $f'_2 = \dfrac{f'_1}{G}$

$$f'_2 = \frac{800}{325} = 2{,}46 \text{ mm}$$

$f'_2 = 2{,}46$ mm

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme G et f'_1. Le grossissement maximal correspond à l'oculaire de plus courte focale. Sur l'annexe, l'oculaire est dessiné avec une focale bien plus grande, pour que la construction reste lisible.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{800}{325}$ $\approx$ 2.461538

4.2.1 Définir le diamètre apparent α.

α est l'angle sous lequel on voit la planète à l'œil nu : l'angle entre les rayons parvenant à l'œil depuis deux bords diamétralement opposés de Mars.

COMPRENDRE
Si d est le diamètre de la planète et D sa distance à l'observateur, alors, l'angle étant très petit, $\alpha \approx \frac{d}{D}$ avec α en radian.

4.2.2 Calculer le diamètre apparent α' (en degré).

Données utiles $G = 325$; $\alpha = 14'' = 3{,}88 \times 10^{-3}$ degré

$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ donc $\alpha' = G\,\alpha$

$$\alpha' = 325 \times 3{,}88 \times 10^{-3} = 1{,}26^\circ$$

$\alpha' = 1{,}26^\circ$

COMPRENDRE
Les deux angles sont dans un rapport : α' sort dans l'unité de α, ici le degré. À travers le télescope, Mars apparaît environ deux fois et demie plus large que la pleine Lune à l'œil nu (0,5°).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$325 \times 3.88 \times 10^{-3}$ $\approx$ 1.261

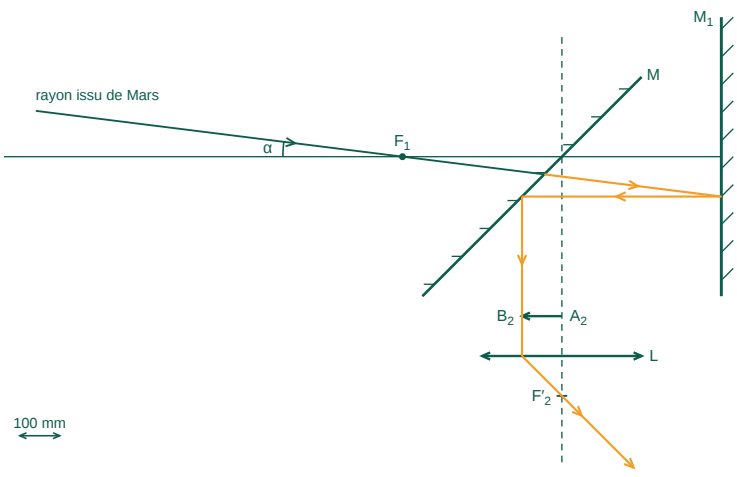
4.2.3 Tracer la marche d'un rayon issu de Mars et passant par le foyer F_1, sur la figure 4.

On prolonge le rayon jusqu'à M_1 :

- passant par F_1, il est réfléchi par M_1 parallèlement à l'axe ;
- le miroir M, incliné à 45°, le renvoie parallèlement à l'axe de l'oculaire : il passe par B_2 ;
- arrivant sur L parallèlement à son axe, il émerge en passant par F'_2.

Le rayon émerge de l'oculaire en passant par F'_2.

COMPRENDRE
Sur le schéma, le miroir M est très agrandi et le rayon semble le traverser. En réalité le miroir secondaire est petit : il n'arrête qu'une faible part de la lumière qui entre dans le tube.

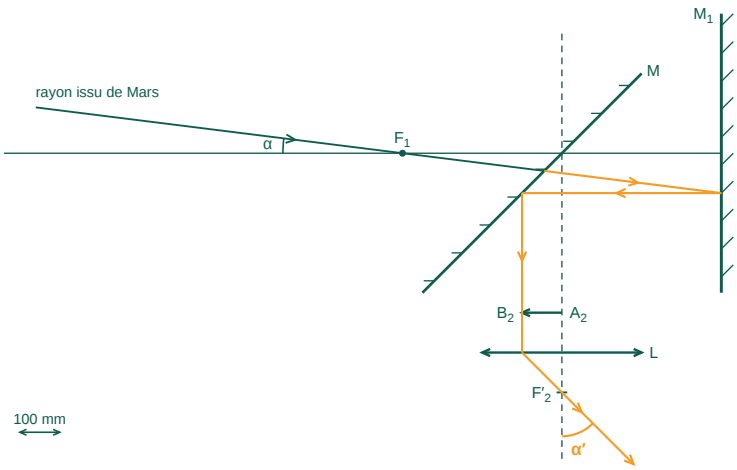


4.2.3 · Figure 4 : marche du rayon passant par F₁

4.2.4 En respectant l'augmentation de l'angle α, faire figurer le diamètre apparent α' sur la figure 4.

α' est l'angle, de sommet F'_2, entre le rayon émergent et l'axe optique de l'oculaire ; il est nettement plus grand que α.

PIÈGE
Marquer α' par rapport à l'axe du miroir M_1. Après le renvoi par M, la direction de référence est l'axe de l'oculaire, en pointillés.



4.2.4 · Figure 4 complétée : angle α′ en sortie de l'oculaire