Spécialité : Petite histoire d'une lentille et de deux miroirs

Bac S 2007 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Compléter les figures 10 et 11 de l'annexe en construisant l'image A'B' du visage AB donnée par un miroir plan puis par un miroir sphérique. En déduire lequel des miroirs M_1 et M_2 est sphérique.

Figure 10 : l'image A'B' est le symétrique de AB par rapport au plan du miroir. Elle est virtuelle, droite et de même taille que l'objet.

Figure 11 : on trace deux rayons issus de B. Celui qui arrive parallèlement à l'axe se réfléchit en passant par F ; celui dont le support passe par C revient sur lui-même. Les rayons réfléchis divergent : ce sont leurs prolongements qui se coupent en B', derrière le miroir. L'image est virtuelle, droite et plus grande que l'objet.

Clémentine voit une image de même taille dans M_2 et une image agrandie dans M_1.

M_1 est le miroir sphérique ; M_2 est le miroir plan.

PIÈGE
Sur la figure 11, l'objet est placé entre F et S : inutile de chercher un point de rencontre des rayons devant le miroir. Les prolongements se tracent en pointillés, comme l'image virtuelle.

MÉTHODE
Miroir sphérique, trois rayons utiles : parallèle à l'axe, il repart par F ; passant par F, il repart parallèle à l'axe ; passant par C, il revient sur lui-même. Deux suffisent.

Figure 10 : miroir plan

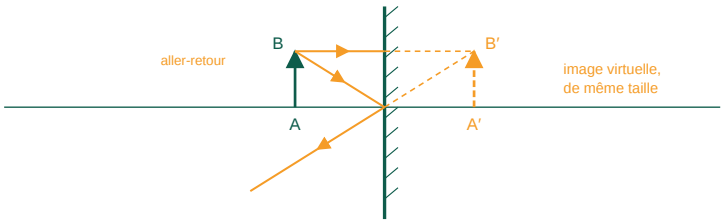
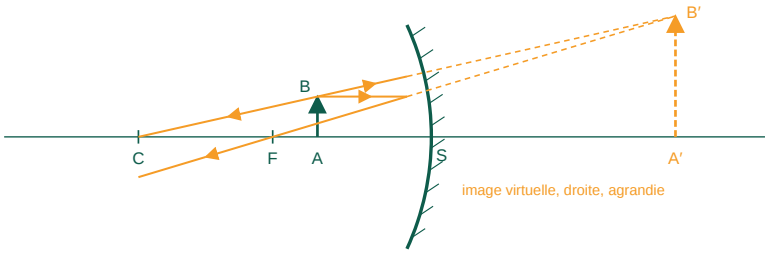


Figure 11 : miroir sphérique



1.1 · Annexe complétée : figures 10 et 11

1.2 Pourquoi Clémentine ne choisit-elle pas un écran entier pour observer les images ? Déduire de son expérience la distance focale du miroir sphérique, en justifiant.

Données utiles miroir placé plusieurs mètres à droite de la lampe ; image nette pour une distance écran-miroir de 90 cm

L'écran est placé entre la lampe et le miroir. Entier, il arrêterait toute la lumière émise par la lampe : aucun rayon n'atteindrait le miroir et aucune image ne se formerait. Le demi-écran laisse passer une partie du faisceau incident et reçoit la lumière réfléchie.

La lampe est à plusieurs mètres du miroir : cette distance est grande devant 90 cm, l'objet peut être considéré comme à l'infini. Son image se forme alors dans le plan focal du miroir, et la distance écran-miroir est égale à la distance focale.

$f_1 = SF = 90$ cm

COMPRENDRE
Le résultat garde les deux chiffres significatifs de la mesure. « À l'infini » est une approximation : elle est d'autant meilleure que la lampe est éloignée du miroir.

2.1 Placer à l'échelle, sur la figure 12 de l'annexe, la lentille L et l'écran. En déduire par construction la position des foyers F et F' de la lentille.

Données utiles objet GH de 2,0 cm ; lentille de diamètre 5,0 cm placée 6,0 cm à droite de GH ; écran 3,0 cm à droite de la lentille

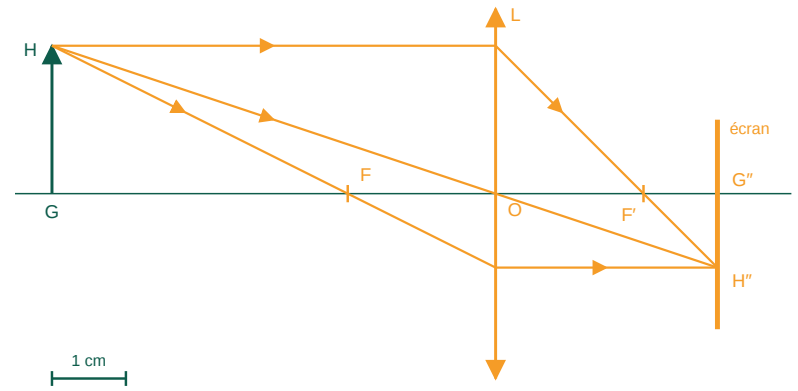
L'objet GH mesure 2,0 cm : il donne l'échelle du schéma. On place O à 6,0 cm de G, la lentille (2,5 cm de part et d'autre de l'axe), puis l'écran à 3,0 cm de O.

- Le rayon issu de H passant par O n'est pas dévié : il coupe l'écran en H''.
- Le rayon issu de H parallèle à l'axe émerge en passant par H'' : il coupe l'axe en F'.
- Le rayon qui émerge parallèlement à l'axe en passant par H'' provient de H en passant par F.

On lit $OF = OF' = 2{,}0$ cm : F et F' sont symétriques par rapport à O.

PIÈGE
La figure est à l'échelle : les distances se reportent à la règle à partir de la hauteur de GH. Tracer d'abord le rayon passant par O, lui seul fixe H'' sur l'écran.

Figure 12 (à l'échelle)



2.1 · Annexe complétée : figure 12, à l'échelle (objet de 2,0 cm)

2.2 Déterminer l'expression littérale de la distance focale image $\overline{OF'}$ de la lentille L puis calculer sa valeur.

Données utiles $\overline{OG} = -6{,}0$ cm ; $\overline{OG''} = +3{,}0$ cm

Relation de conjugaison : $\dfrac{1}{\overline{OG''}} - \dfrac{1}{\overline{OG}} = \dfrac{1}{\overline{OF'}}$

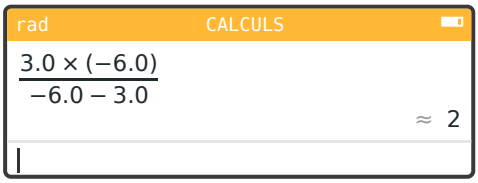
En réduisant au même dénominateur : $\dfrac{\overline{OG} - \overline{OG''}}{\overline{OG''} \times \overline{OG}} = \dfrac{1}{\overline{OF'}}$, soit

$$\overline{OF'} = \frac{\overline{OG''} \times \overline{OG}}{\overline{OG} - \overline{OG''}} = \frac{3{,}0 \times (-6{,}0)}{-6{,}0 - 3{,}0}$$

$\overline{OF'} = 2{,}0$ cm, en accord avec la construction.

PIÈGE
Les grandeurs sont algébriques : l'objet est avant la lentille, donc $\overline{OG}$ est négatif. Avec $+6{,}0$ cm, on obtiendrait $6{,}0$ cm, contredit par la figure.

À LA CALCULATRICE



3.1 Dans le télescope remonté, quel élément joue le rôle de l'objectif ? Lequel joue le rôle de l'oculaire ? Quel est le rôle du troisième élément ?

Le miroir sphérique M_1 reçoit la lumière de l'astre et en forme une première image : c'est l'objectif.

La lentille L, devant laquelle on place l'œil, sert à observer cette image : c'est l'oculaire.

Le miroir plan M_2 renvoie le faisceau sur le côté du tube, vers l'oculaire. L'image qu'il donne de celle de l'objectif sert d'objet pour L ; l'observation se fait ainsi perpendiculairement à l'axe de M_1.

Objectif : M_1 ; oculaire : L ; M_2 dévie la lumière vers l'oculaire.

COMPRENDRE
Sans M_2, l'image de l'objectif se formerait devant M_1, sur le trajet de la lumière incidente : l'observateur devrait se placer là et masquerait l'astre.

3.2.1 Sans souci d'échelle, construire sur la figure 13 l'image K_1N_1 de la Lune KN donnée par le miroir M_1.

La Lune est à l'infini : son image par M_1 est dans le plan focal du miroir. K est sur l'axe, donc K_1 est confondu avec F_1.

Tous les rayons issus de N sont parallèles à la direction indiquée. Celui qui passe par F_1 se réfléchit parallèlement à l'axe : il coupe le plan focal en N_1.

K_1N_1 est dans le plan focal de M_1, avec K_1 en F_1 (figure en 3.3.1).

COMPRENDRE
K_1N_1 est une image intermédiaire : dans le télescope, M_2 intercepte la lumière avant qu'elle ne s'y forme. On la trace en pointillés pour construire la suite.

3.2.2 Sans souci d'échelle, placer sur la figure 13 l'image K_2N_2 de K_1N_1 donnée par le miroir M_2.

Un miroir plan donne d'un objet une image symétrique par rapport à son plan, de même taille. M_2 est incliné à 45° : K_2, symétrique de K_1, est sur l'axe de la lentille et K_2N_2 est perpendiculaire à cet axe.

K_2N_2 est le symétrique de K_1N_1 par rapport à M_2, et $K_2N_2 = K_1N_1$.

3.2.3 Clémentine a-t-elle correctement placé la lentille L pour que le télescope soit effectivement afocal ?

Le télescope est afocal si l'image finale est à l'infini : l'objet K_2N_2 de la lentille doit se trouver dans son plan focal objet.

Sur la figure 13, F_1 et F sont à la même distance du centre de M_2 : F est le symétrique de F_1 par rapport à M_2. Donc K_2 est en F.

Oui : K_2N_2 est dans le plan focal objet de L, le télescope est afocal.

MÉTHODE
Instrument afocal : le foyer image de l'objectif (ici son symétrique par le miroir plan) coïncide avec le foyer objet de l'oculaire.

3.2.4 Sans souci d'échelle, construire sur la figure 13 l'image définitive K_3N_3 de K_2N_2, objet pour la lentille L.

K_2N_2 est dans le plan focal objet de L : tous les rayons issus de N_2 émergent parallèles entre eux. Leur direction est celle du rayon N_2O, qui n'est pas dévié. Le rayon issu de N_2 parallèle à l'axe de L émerge en passant par F' : il est bien parallèle à N_2O.

K_3N_3 est à l'infini : K_3 dans la direction de l'axe de L, N_3 dans la direction N_2O.

COMPRENDRE
Une image à l'infini s'observe sans accommoder : l'œil ne se fatigue pas. C'est l'intérêt du réglage afocal.

3.3.1 Placer sur la figure 13 les diamètres apparents α et α'. Démontrer que le grossissement du télescope est $G = \dfrac{f_{\text{objectif}}}{f_{\text{oculaire}}}$.

Données utiles $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$

α est l'angle entre l'axe de M_1 et les rayons issus de N ; α' est l'angle entre l'axe de L et les rayons qui émergent vers N_3.

Le rayon passant par F_1 atteint le miroir à la hauteur K_1N_1 au-dessous de l'axe, à la distance f_{objectif} de F_1 : $\tan\alpha = \dfrac{K_1N_1}{f_{\text{objectif}}}$.

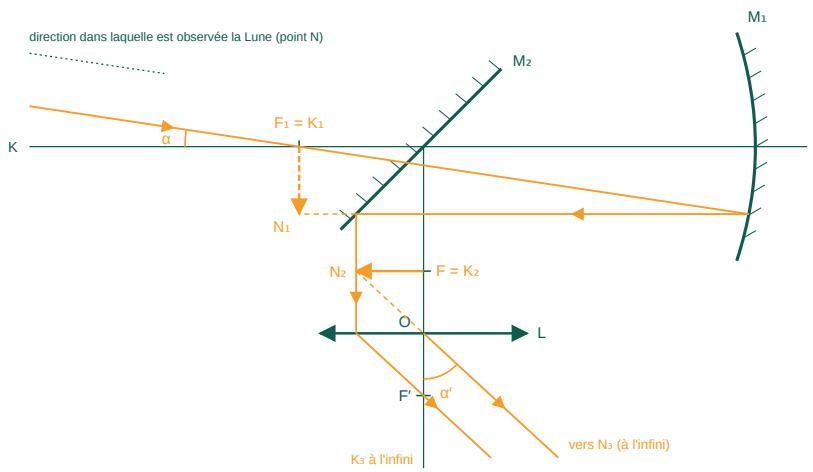
Dans le triangle OK_2N_2, rectangle en K_2 avec $OK_2 = OF$: $\tan\alpha' = \dfrac{K_2N_2}{f_{\text{oculaire}}}$.

Les angles sont petits (en radians, $\tan\alpha \approx \alpha$) et $K_2N_2 = K_1N_1$ (miroir plan), donc

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{K_2N_2}{f_{\text{oculaire}}} \times \frac{f_{\text{objectif}}}{K_1N_1}$$

$$\boxed{G = \frac{f_{\text{objectif}}}{f_{\text{oculaire}}}}$$

PIÈGE
L'approximation $\tan\alpha \approx \alpha$ doit être écrite, avec sa condition : angles petits et exprimés en radians. Sur le schéma, les angles sont exagérés pour rester lisibles.



3.3.1 · Annexe complétée : figure 13 (questions 3.2.1, 3.2.2, 3.2.4 et 3.3.1)

3.3.2 Calculer la valeur du grossissement du télescope de Clémentine. L'image définitive de la Lune est-elle nette ?

Données utiles $f_{\text{objectif}} = 90$ cm (1.2) ; $f_{\text{oculaire}} = 2{,}0$ cm (2.2) ; diamètre de l'objectif : 12 cm ; grossissement maximal : 2,5 fois le diamètre de l'objectif en mm

$G = \dfrac{f_{\text{objectif}}}{f_{\text{oculaire}}} = \dfrac{90}{2{,}0} = 45$ (les deux distances dans la même unité).

Diamètre de l'objectif : 12 cm = 120 mm, d'où $G_{\text{max}} = 2{,}5 \times 120 = 3{,}0 \times 10^2$.

$G < G_{\text{max}}$: les taches de diffraction ne sont pas visibles.

$G = 45$, inférieur à $G_{\text{max}} = 3{,}0 \times 10^2$: l'image de la Lune est nette.

PIÈGE

Le diamètre doit être converti en millimètres : avec 12, on trouverait $G_{\text{max}} = 30$ et l'on conclurait à tort que l'image est floue.

À LA CALCULATRICE

