2006 Pondichéry
Exercice III. ETUDE D'UN INSTRUMENT D'OBSERVATION ASTRONOMIQUE (4 points)

Les schémas sont à faire ou à compléter sur les feuilles de l'annexe 1 qui sont à rendre avec la copie.

Afin de faciliter le tracé des schémas, les échelles ne sont pas respectées sur les figures 2 et 3.

En levant les yeux vers le ciel étoilé, on aperçoit une multitude de points brillants qui donnent l'impression d'une immense profusion. Identifier un astre dans un tel ensemble apparaît comme une gageure.

Une observation à l'œil nu permet de repérer un petit nombre d'étoiles brillantes et quelques constellations. Avec une pupille dont le diamètre maximal dans l'obscurité est voisin de 6 mm, l'œil humain ne peut capter qu'une quantité de lumière assez limitée. Les étoiles de plus faible éclat sont perceptibles seulement grâce à des instruments optiques.

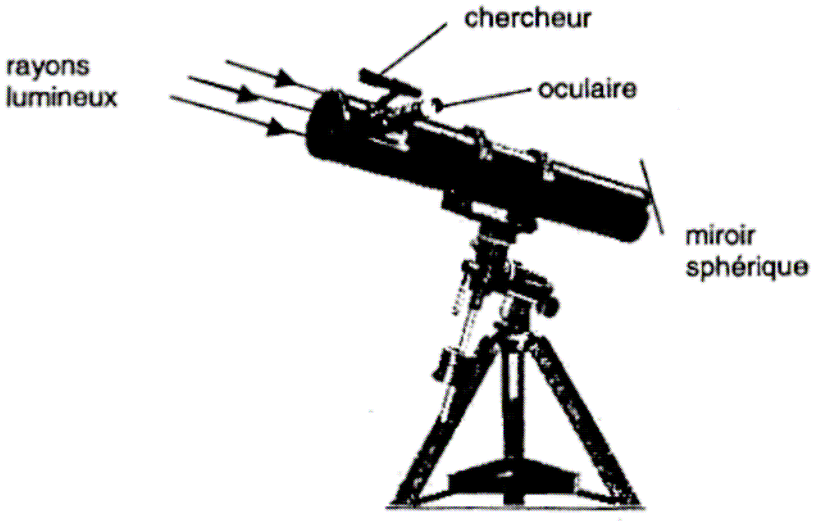
On distingue 2 types principaux d'instruments : la lunette astronomique et le télescope. Tous deux comportent essentiellement 2 parties : un ***collecteur de lumière*** *(ou* ***objectif****) qui collecte et focalise les rayons lumineux en un point appelé foyer, en donnant une image intermédiaire que l'on peut observer grâce à un* ***oculaire*** *qui joue le rôle d'une loupe.*

La lunette astronomique et le télescope se différencient par la nature du collecteur de lumière :

- pour la ***lunette****, c'est un ensemble de lentilles assimilable à une* ***lentille convergente****.*

- pour le ***télescope****, c'est un* ***miroir sphérique*** *concave.*

La photographie ci-dessous est celle d'un télescope d'amateur qui comprend le « chercheur » et le télescope (type Newton) proprement dit.



Le « chercheur » est une petite lunette astronomique de faible grossissement destinée à faciliter le pointage de la zone du ciel que l'on souhaite observer.

Dans tout ce qui suit, on ne s'intéresse qu'au télescope proprement dit.

1 Etude préliminaire : propriétés des miroirs

1.a - Miroir plan (M_P) : voir annexe 1 (à rendre avec la copie)
On coupe un faisceau lumineux convergent par un miroir plan (M_P) : voir figure 1.
Représenter les rayons réfléchis correspondant aux rayons incidents extrêmes passant par I et J ainsi qu'au rayon intermédiaire passant par H.
Peut-on parler d'objet A ? Si oui, quelle en est la caractéristique ?
Obtient-on une image A' ? Si oui, quelle en est la caractéristique ?

1.b - Miroir sphérique (M_S) : voir annexe 1, figure 2.
Le miroir sphérique concave utilisé (M_S) a pour axe optique x'x, pour foyer F_1 et pour sommet S.
Un objet à l'infini B émet des rayons inclinés d'un angle faible θ sur l'axe x'x.

1.b.1- Tracer ce que deviennent après réflexion sur le miroir les rayons issus de B et passant respectivement par F_1 et S.

1.b.2 - Préciser sur la figure où se trouve l'image B_1 de B.

2. Observation de la Lune à l'aide du télescope d'amateur (télescope de Newton)

Voir annexe 2 (à rendre avec la copie).

Le télescope est formé principalement :

- du miroir sphérique ou objectif (M_S) de distance focale $F_1S = f_1$.
- d'un petit miroir plan (M_P) incliné à 45° par rapport à l'axe optique du miroir principal et placé entre celui-ci et son foyer (voir figure 3), les surfaces réfléchissantes des deux miroirs étant face à face.
- d'un oculaire d'axe yy' perpendiculaire à xx', assimilable à une lentille convergente de distance focale f'_2.

L'astronome oriente l'axe du télescope vers le centre de la Lune D supposé situé à une distance infinie et veut observer un détail ponctuel E à la surface du sol lunaire. Les rayons issus de E font l'angle θ faible avec l'axe optique.
Le miroir principal (M_S) donne de D et E les images respectives D_1 et E_1.
D_1E_1 sert d'objet pour le miroir plan (M_P) qui en donne une image D_2E_2.
D_2E_2 sert d'objet pour l'oculaire qui en donne l'image définitive D_3E_3.

2.a - Utiliser les résultats de l'étude préliminaire pour tracer les rayons lumineux permettant d'obtenir l'image D_1E_1. Préciser la position de D_2E_2 et comparer les dimensions de D_1E_1 et D_2E_2.

2.b - L'astronome, dont la vue est supposée normale, règle l'oculaire de telle façon que D_2E_2 soit dans le plan focal objet de l'oculaire.
Où l'image définitive D_3E_3 se trouve-t-elle ? tracer les rayons lumineux à la sortie de l'oculaire et indiquer l'angle θ' sous lequel l'astronome voit DE dans le télescope.
Pourquoi ce réglage de l'appareil est-il adopté ?

3. Grossissement

On donne les caractéristiques du télescope :

- Diamètre du collecteur 114 mm
- Distance focale du miroir sphérique $F_1S = f_1 = 910$ mm
- Distance focale de l'oculaire : $f'_2 = 9$ mm

D'autre part $\theta = 0{,}5° \approx 8{,}7\times10^{-3}$ rad, valeur qui permet de confondre θ et $\tan\theta$.

3.a - Exprimer D_1E_1 en fonction de θ et f_1. Faire l'application numérique.

3.b - Exprimer θ' en fonction de D_2E_2 et f'_2. Calculer θ'.

3.c - On définit le grossissement du télescope comme le rapport $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$.

Montrer que $G = \dfrac{f_1}{f'_2}$. Calculer numériquement G.

3.d - Ce télescope possède en réalité 2 oculaires interchangeables, l'un de focale 9 mm et l'autre de focale 20 mm. Avec quel oculaire le grossissement sera-t-il maximal ? Justifier.

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE

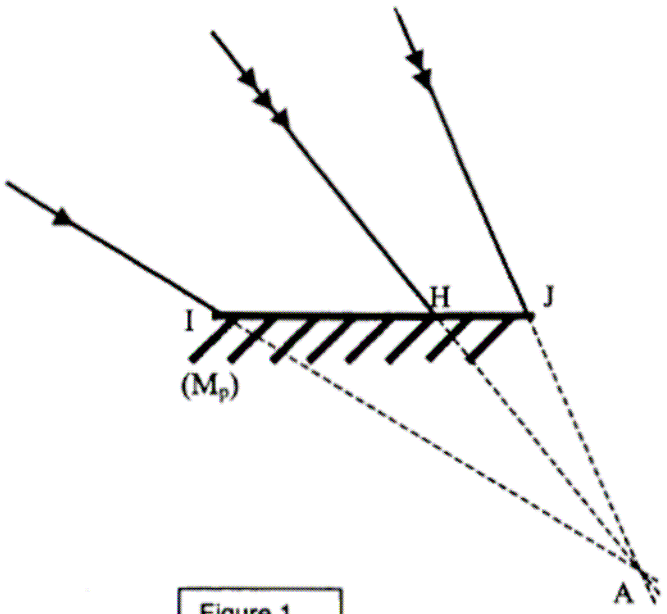


Figure 1

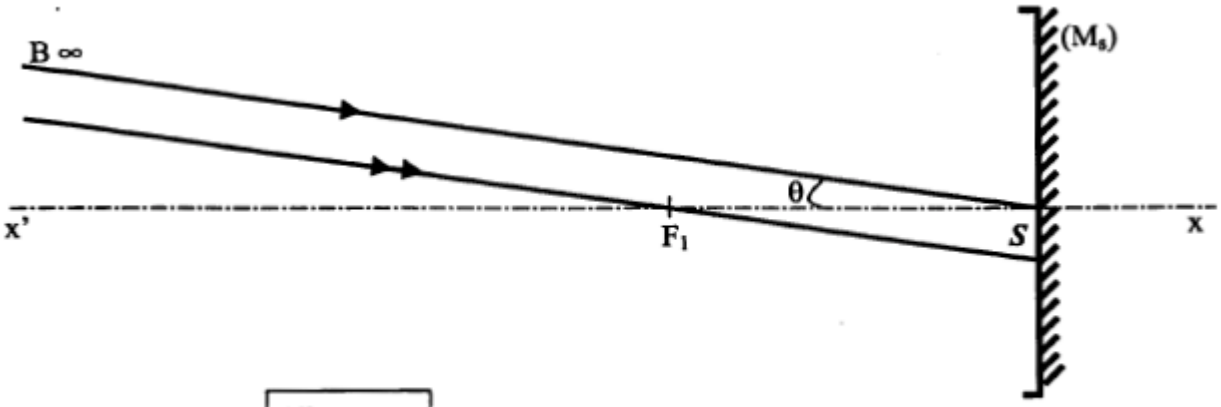


Figure 2

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

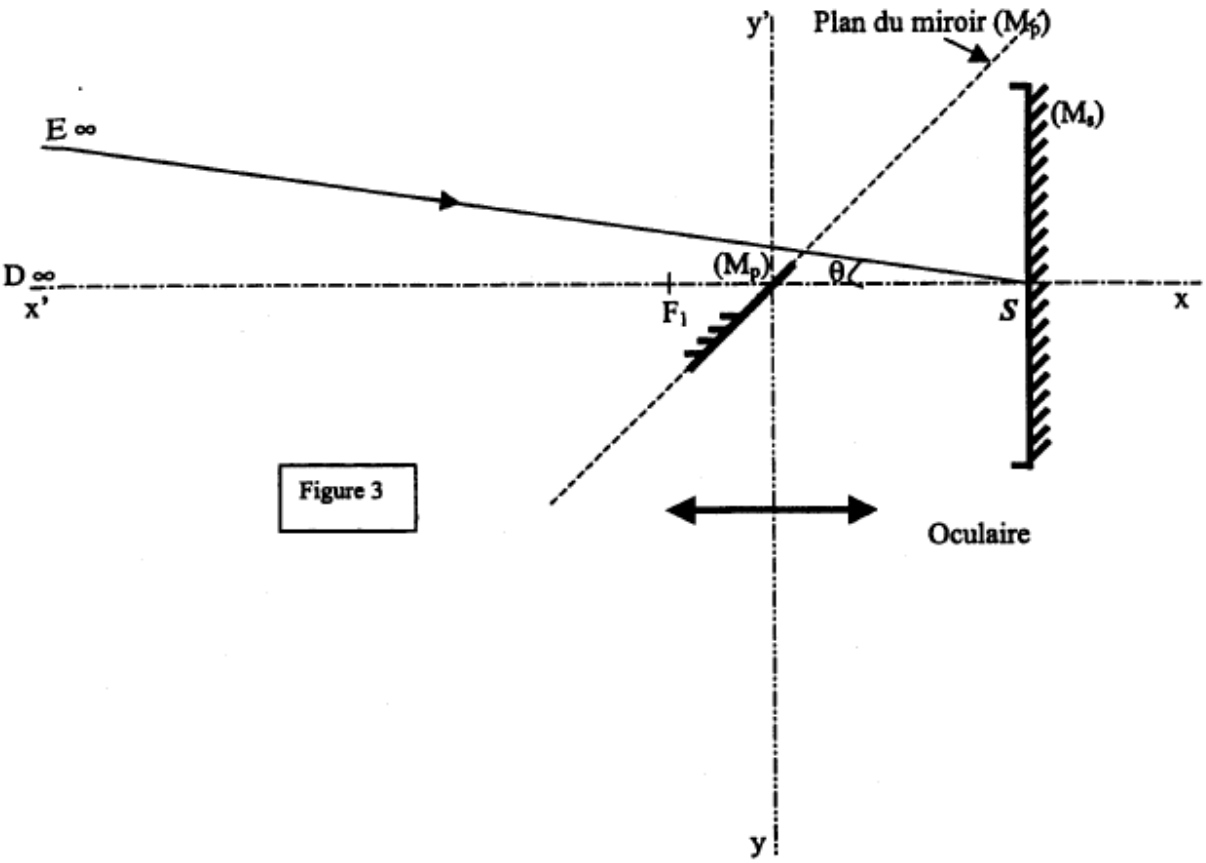


Figure 3