

Partie $\phi 1$ - OPTIQUE

Tp $\phi 9$ - LE TELESCOPE

1. PRESENTATION D'UN TELESCOPE DE NEWTON

Comme la lunette astronomique, le télescope est un instrument destiné à observer des astres. Le télescope est principalement constitué de deux systèmes optiques convergents:

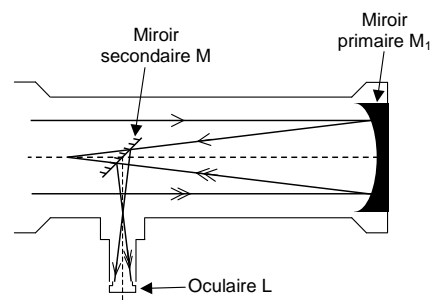
- l'objectif, miroir concave généralement parabolique de grand diamètre, pour capter le maximum de lumière, et de grande distance focale;
- l'oculaire, ensemble de lentilles, de courte distance focale, identique à celui utilisé sur une lunette.

Le problème (nous verrons plus loin) est que le miroir concave donne d'un objet ponctuel placé à l'infini sur son axe une image située au foyer image, du même côté du miroir que l'objet. Il y a donc un problème pour l'observateur qui doit regarder l'image à travers l'oculaire sans se placer entre l'objet et le miroir. Il existe plusieurs solutions pour contourner cette difficulté. Dans le télescope de Newton que nous allons étudier, un miroir plan à 45° appelé miroir secondaire, renvoie les rayons lumineux sur le côté.

Prenons l'exemple d'un télescope amateur, dont le principe et la fiche technique figurent ci-dessous. Il est utilisé par un élève pour observer la planète Mars sous son diamètre apparent. Le télescope sera considéré comme afocal.

Caractéristiques

Objectif: miroir concave à courbure parabolique
 Focale: 800 mm
 Diamètre: 130 mm
 Pouvoir séparateur: $0,89''$
 Magnitude limite: 12,4
 Clarté: 469 x
 Grossissement maxi théorique: 325



Un télescope de Newton est donc au final, un système optique comprenant deux miroirs:

- Miroir primaire:** miroir concave *parabolique* de grande distance focale. C'est l'**objectif** du télescope, noté M_1 ; il capte la lumière de l'astre observé et la renvoie vers.....
- ... **le Miroir secondaire:** petit miroir *plan*, orienté à 45° sur l'axe optique du miroir concave, noté M qui à son tour la réfléchit vers
- **l'oculaire**, qui est une lentille (L_2) convergente de courte distance focale.

Un télescope est caractérisé par deux nombres (130 / 800 dans l'exemple ci-dessus), avec:

- 130 le diamètre du miroir primaire en mm;
- et 800 est la distance focale du miroir primaire en mm.

La mise au point est réalisée en déplaçant l'oculaire par rapport au miroir secondaire.



2. MIROIR SPHERIQUE.

Envisageons le miroir sphérique M_1 de ce télescope.

1°) Définir la distance focale d'un miroir concave.

2°) Sur la figure 1, positionner le sommet (S), le centre (C), le foyer (F_1) en respectant l'échelle sachant que la distance $SC = 1\ 600$ mm.

Remarque. Échelle pour les quatre figures : 10 mm sur la feuille correspondent à 100 mm pour le télescope

3°) Construire sur la figure 1 l'image A_1B_1 de la planète Mars située à l'infini.

3. MIROIR SECONDAIRE

On considère maintenant le miroir plan M associé au miroir concave M_1 comme indiqué sur la figure 2. L'image A_2B_2 donnée par ce miroir plan est notée sur le schéma de cette figure 2.

4°) À partir de A_2B_2 replacer par construction l'image intermédiaire A_1B_1 de Mars sur la figure 2.

5°) Quel rôle joue l'image intermédiaire A_1B_1 pour le système miroir plan M et l'oculaire L ?

4. OCULAIRE

On associe une lentille convergente (L) qui constitue l'oculaire comme indiqué sur la figure 3.

6°) Placer le foyer objet F_2 de la lentille.

7°) Où se situe l'image définitive de la planète Mars observée à l'aide de ce télescope ? Pourquoi ce réglage de l'appareil est-il adopté ?

8°) Justifier la réponse précédente en traçant, sur la figure 3, la marche des deux rayons caractéristiques, à partir du point B_2 et traversant la lentille (L).

5. GROSSISSEMENT

9°) Rappeler l'expression du grossissement G en fonction de α et α' avec

- α' diamètre apparent sous lequel est vu l'astre à travers le télescope
- α diamètre apparent sous lequel est vu l'astre à l'œil nu

10°) La planète Mars est observée sous le diamètre apparent égal à $14''$ soit $3,88 \cdot 10^{-3}$ degré.

10.a. Définir le diamètre apparent α .

10.b. Calculer le diamètre apparent α' (en degré).

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

Pour faciliter la construction, l'angle représenté sur la figure 4 est plus grand que la réalité.

10.d. En respectant l'augmentation d'angle α faire figurer le diamètre apparent α' sur la figure 4.

11°) Montrer que le grossissement maximum du télescope, correspond également au quotient des distances focales de l'objectif f'_1 et de l'oculaire f'_2 :

12°) À partir des données de la fiche technique du télescope, calculer la distance f'_2 de l'oculaire.

13°) Ce télescope possède en réalité 2 oculaires interchangeables, l'un de focale 6 mm et l'autre de focale 20 mm. Avec quel oculaire le grossissement sera-t-il maximal ? Justifier.

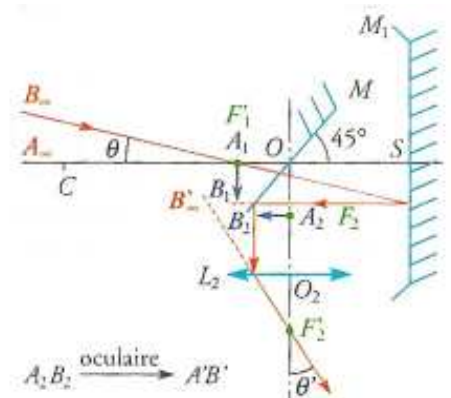
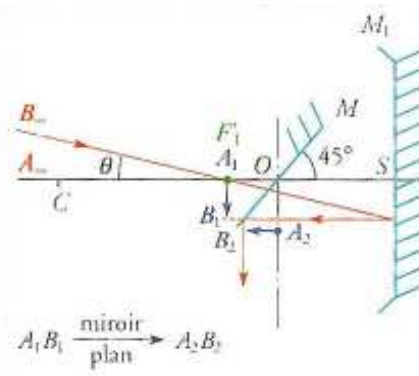
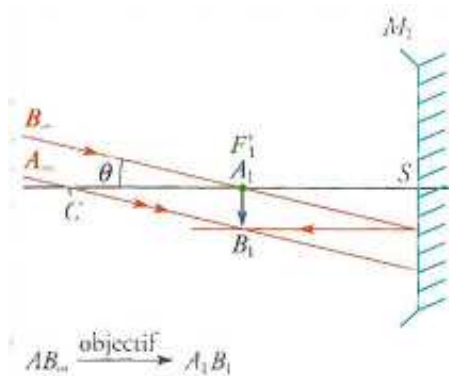
6. POUR CONCLURE: FORMATION DES IMAGES.

Le principe de construction est le même que pour le microscope ou la lunette astronomique mais il y a un système optique en plus: le miroir plan.

Le miroir sphérique M_1 de centre C donne de l'objet AB, situé à l'infini et vu sous un angle apparent α , une image $A_1'B_1$ située dans le plan focal de ce miroir (plan passant par F'_1).

Les rayons réfléchis sur le miroir sphérique sont interceptés par le miroir plan M: l'image $A_1'B_1$ devient objet pour ce miroir qui en donne une image $A_2'B_2$ symétrique par rapport à son plan

Cette seconde image intermédiaire devient objet pour l'oculaire qui en donne une image définitive $A'B'$. Pour qu'un œil normal puisse l'observer sans accommoder, l'image finale $A'B'$ doit être rejetée à l'infini: l'image $A_2'B_2$ doit donc se situer dans le plan focal de l'oculaire (plan passant par F_2).



Nota. La lumière ne traverse pas le miroir ! Le rayon tracé est un rayon de construction: les rayons formant l'image B_2 passent de part et d'autre du miroir secondaire, dont les dimensions sont exagérées sur les schémas.



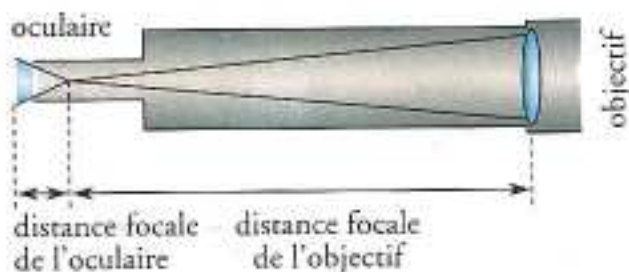
Effectuer une mise au point consiste donc à ajuster la distance OO_2 pour que l'image A_2B_2 se situe au foyer objet F_2 de l'oculaire.

7. EN CONCLUSION: LUNETTE OU TELESCOPE ?

Il existe deux grandes familles d'instruments pour l'observation du ciel: les lunettes et les télescopes. Leur différence de conception tient essentiellement au chemin optique emprunté par la lumière dans l'appareil et la nature du collecteur de lumière:

Les lunettes se résument à un tube portant une lentille (ou un groupe de lentilles) à chaque extrémité.

- ❑ La plus grosse, tournée vers le ciel, est l'objectif: elle capte la lumière et concentre les rayons.
- ❑ La deuxième lentille, l'oculaire, permet d'observer une image.



Le grossissement d'une lunette est égal à la distance focale de l'objectif divisée par celle de l'oculaire.

Au final, quel que soit le dispositif utilisé, une partie non négligeable de la lumière qui pénètre dans le télescope est arrêtée par le miroir secondaire et le dispositif qui le maintient en place (appelé l'araignée).

Pourquoi avoir alors créé le télescope ?

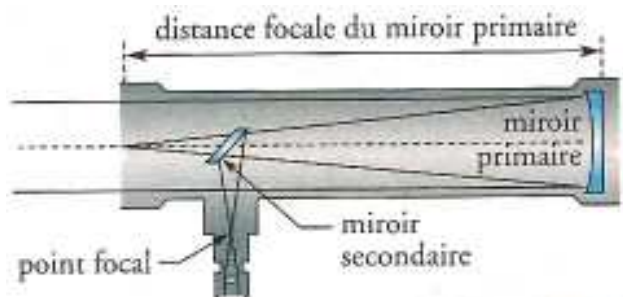
Initialement conçu pour éviter certaines aberrations des lentilles qu'on ne savait pas corriger à l'époque (XVII^e siècle), le télescope a pris maintenant une place prépondérante dans les observatoires car il est possible de construire des miroirs de tailles très supérieures à celles des lentilles et donc de pouvoir observer des astres de plus faible luminosité.

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

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

Dans un télescope, le trajet de la lumière est fondamentalement différent de celui de la lunette. Son principe de fonctionnement repose sur un jeu de miroirs.

- ❑ Le plus important, dit miroir primaire, capte la lumière et la dirige vers
- ❑ un second miroir, le miroir secondaire qui, à son tour, la réfléchit vers l'oculaire.



Le grossissement d'un télescope se calcule de la même manière que pour une lunette.

