

Partie ϕ 1 - OPTIQUE

Tp ϕ 7 - LA LUNETTE ASTRONOMIQUE

Il est impossible d'observer les détails (distance angulaire trop faible) d'objets situés à l'infini.

L'oeil associé à une lunette améliore l'observation.

Dans des conditions normales d'utilisation, la lunette donne une image à l'infini de diamètre angulaire important, permettant l'observation d'un objet de diamètre angulaire faible, situé à l'infini.

1. UN PEU D'HISTOIRE.

L'observation des planètes, étoiles et galaxies, fut de tout temps une préoccupation essentielle des hommes. Durant ces siècles, ces observations furent faites à l'oeil nu. Puis, apparurent les lentilles, d'abord utilisées comme verres correcteurs pour les personnes de «plus de cinquante ans» (Léonard de Vinci).

Les premières observations d'objets lointains, terrestres ou célestes, à l'aide de dispositifs utilisant des lentilles, se firent sans doute à la fin du XVe siècle. En 1509, Léonard de Vinci (1452 - 1519), surtout renommé comme peintre, mais qui s'intéressait aussi aux phénomènes optiques, décrivait déjà une lunette d'approche.

Mais c'est en 1609, soit un siècle plus tard, que Galilée (1564 - 1642) présenta une lunette constituée d'une lunette convergente et d'une lentille divergente, permettant d'observer des objets éloignés. Cette lunette lui permit de faire des découvertes astronomiques importantes pour l'évolution des idées de son époque. En fait, une lunette de même type avait déjà été réalisée par le Hollandais Lipperhey, lequel avait amélioré un prototype réalisé avant lui ...

A la même époque, en 1611, l'astronome allemand Kepler (1572 - 1630) présentait une lunette astronomique constituée de deux lentilles convergentes. Ces deux types de lunettes avaient l'inconvénient de ne capter qu'une très faible quantité de la lumière provenant de l'objet à observer. Les images obtenues étaient peu lumineuses et peu nettes.

Le mathématicien et astronome James Grégory proposa, en 1663, la construction d'un télescope à miroir concave, mais il ne trouva pas d'opticien suffisamment compétent pour le fabriquer. C'est ainsi qu'en 1671, revint à Newton (1642 - 1727), célèbre entre autres pour ses lois de la mécanique, la paternité du télescope, appareil permettant d'obtenir des images plus lumineuses.

Plus tard, en 1857, le physicien français Foucault (1819 - 1868) remplaça le support métallique des miroirs par du verre poli et recouvert chimiquement par une fine couche d'argent. Foucault réussit à polir parfaitement un miroir de 80 cm de diamètre.

Au début du XXe siècle, les astronomes américains firent construire des télescopes de 1,5 à 2 mètre de diamètre; en 1917, le télescope Hooker atteignait 2,5 m de diamètre.

Pendant plusieurs décennies, le télescope de 5 m du Mont Palomar (1948), aux Etats-Unis, a été l'instrument de plus grand diamètre. Il n'a été dépassé qu'en 1976 par un télescope russe de 6 m de diamètre.

Au début du XXIe siècle, l'astronomie va connaître une véritable révolution avec une nouvelle génération de télescopes, réalisables grâce à l'émergence, depuis une décennie, de nouvelles techniques permettant:

- de fabriquer et de polir des miroirs géants;
- de réaliser des optiques adaptatives consistant à ajuster la forme des miroirs par des vérins pilotés par des ordinateurs et à compenser ainsi les effets négatifs de la turbulence atmosphérique;
- d'avoir des résolutions cent fois plus fines actuellement;
- d'obtenir des détecteurs performants.

2. PRESENTATION D'UNE LUNETTE ASTRONOMIQUE

Une lunette astronomique est assimilable à système optique comprenant deux lentilles convergentes:

- l'objectif**, lentille convergente de grande distance focale (plusieurs mètres), qui donne d'un objet très éloigné (paysage, étoile ...), une image dans son plan focal image.
- l'oculaire**, lentille convergente située près de l'oeil, de courte distance focale, permet à l'oeil d'observer cette image intermédiaire: il joue le rôle de loupe.

Une lunette astronomique est de type **réfracteur**: la lumière traverse l'objectif (contrairement au télescope - voir le prochain chapitre - de type réflecteur: la lumière est réfléchiée par l'objectif).

Une lunette astronomique est dite **afocale** si le foyer image de l'objectif est confondu avec le foyer objet de l'oculaire. La longueur d'une lunette astronomique afocale est alors voisine de la somme des distances focales de l'objectif et de l'oculaire.

Dans le commerce, une lunette astronomique est caractérisée par deux nombres (400 x 70 par exemple). Ici 400 est *le grossissement* de la lunette afocale, et 70 est *le diamètre de l'objectif* en mm.

Dans une lunette astronomique, on réalise la mise au point en déplaçant l'oculaire par rapport à l'objectif.



3. ETUDE EXPERIMENTALE D'UN MODELE DE LUNETTE ASTRONOMIQUE

Pour mettre en évidence les propriétés d'une lunette, on la modélise par un système de deux lentilles minces.

Objectif

Réaliser le modèle de la lunette astronomique avec les lentilles suivantes:

- objectif: lentille (L_1) de focale: $f'_1 = +33,3$ cm (de dioptrie + 3 δ).
- oculaire: lentille (L_2) de focale: $f'_2 = +12,5$ cm (de dioptrie + 8 δ).

Dispositif

- Avec la lentille (L_3) de focale 20 cm (de dioptrie + 5 δ) et la lettre F réaliser «un objet à l'infini». On place:
 - la source sur la graduation 10 à gauche
 - et la lentille à 20 cm de la source donc sur la graduation 30.
- On place la lentille (L_1) sur la graduation 50.
- On place la lentille (L_2) à 45,8 cm de (L_1).
- Placer à la suite de ces deux lentilles, un oeil réduit, en associant
 - une lentille (L_4) de 8 δ (sur la graduation +30)
 - et un écran blanc à 15 cm de la lentille (L_4)

Questions.

1°) Viser l'objet lointain avec la lunette astronomique. Caractériser l'image observée. Mesurer la distance entre l'objectif et l'oculaire. Comparer avec la somme des distances focales $f'_1 + f'_2$. Conclusion.

2°) L'espace entre l'objectif et l'oculaire est accessible. Où peut-on placer une feuille de papier blanc pour observer l'image intermédiaire A_1B_1 ? Quelles sont les caractéristiques de cette image (sens, taille, réelle ou virtuelle)? Mesurer la distance entre l'objectif et la feuille de papier. Comparer cette distance avec f'_1 . Conclusion.

3°) Retirer la lentille (L_4) de l'oeil réduit. Placer l'écran derrière la lunette et rechercher la position et la taille du cercle oculaire. Relever les valeurs mesurées.

4. ETUDE GRAPHIQUE D'UNE LUNETTE ASTRONOMIQUE AFOCALE

4.1. CONSTRUCTION GRAPHIQUE.

- 4°) Comment arrivent les rayons lumineux d'un objet situé à l'infini?
- 5°) Où se forme l'image intermédiaire de l'objectif quand on vise un objet à l'infini?
- 6°) Où est alors située l'image finale donnée par une lunette astronomique afocale?
- 7°) Schématiser la situation expérimentale précédente à l'échelle 1/5.
- 6°) Quelles sont les propriétés de l'image définitive donnée par une lunette astronomique?
- 7°) Où se trouve le pôle Nord de la Lune lorsqu'on la regarde à travers une lunette astronomique?
- 8°) Que faut-il ajouter pour observer une image définitive droite? (cas des longues vues terrestres).

4.2. GROSSISSEMENT

Le grossissement G de la lunette est égal au rapport: $G = \frac{\theta'}{\theta}$ avec:

θ' angle sous lequel est vu l'image définitive de l'objet à travers la lunette astronomique
 θ angle sous lequel est vu l'objet à l'oeil nu

On a $\theta = \frac{A_1B_1}{f'_1}$ et $\theta' = \frac{A_1B_1}{f'_2}$ d'où $G = \frac{f'_1}{f'_2}$

4.3. L'OCULAIRE.

Le cercle oculaire est l'image de l'objectif par l'oculaire.

- a) Déterminer graphiquement la position du cercle oculaire en traçant la marche des rayons lumineux issus de A_8 et B_8 et passant par les bords et le centre de l'objectif L_1 .
- b) Déterminer par le calcul la position et la taille du cercle oculaire et vérifier la concordance avec les valeurs expérimentales.
- c) Quelle propriété doit avoir le cercle oculaire dans une lunette astronomique? (diamètre moyen de la pupille de l'oeil: 5 mm).

Dans le cas d'une bonne lunette, le diamètre du cercle oculaire est plus petit que celui de la pupille (le diamètre de la pupille très dilatée est d'environ 8 mm). Donc, en plaçant la pupille de l'oeil dans le plan du cercle oculaire, l'oeil reçoit toute la lumière sortant de l'instrument. Ainsi, la lumière pénétrant dans l'objectif de la lunette de diamètre CD émerge en traversant le cercle oculaire de diamètre $C'D'$, beaucoup plus petit. Bien que les pertes de lumière se produisent à l'intérieur de l'instrument, l'oeil, observant un objet au travers de la lunette, reçoit plus de lumière qu'en l'observant directement. On dit que la lunette est un **collecteur de lumière**.

