

## I. HISTORIQUE

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'œil 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 XVI<sup>e</sup> 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 ...

À 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 XXI<sup>e</sup> siècle, els 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 États-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 XXI<sup>e</sup> 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 :

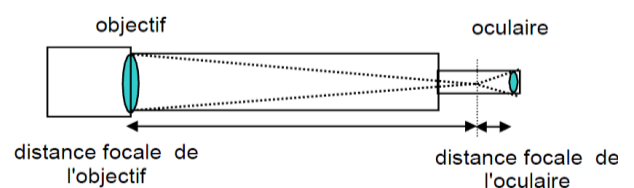
- de fabriquer et de polir des miroirs géants ;
- de réaliser des optiques adaptives consistant à ajuster la forme des miroirs par des vérins pilotés par des ordinateurs et à compenser ainsi les effets négatifs de la turbulence atmosphérique ;
- d'avoir des résolutions cent fois plus fines actuellement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



## II. PRÉSENTATION DE LA 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'œil, de courte distance focale, permet à l'œil 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.

## III. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE D'UNE LUNETTE ASTRONOMIQUE AFOCALE

- Pour mettre en évidence les propriétés d'une lunette astronomique, on la modélise par un système de deux lentilles minces convergentes :
    - **Lentille objectif ( $L_1$ )** : centre  $O_1$ , foyers  $F_1$  et  $F'_1$ , vergence  $C_1 = 3,3 \delta$ .
    - **Lentille oculaire ( $L_2$ )** : centre  $O_2$ , foyers  $F_2$  et  $F'_2$ , vergence  $C_2 = 6,1 \delta$ .
1. Calculer les distances focales  $f'_1$  de l'objectif et  $f'_2$  de l'oculaire, en cm.

### a. IMAGE INTERMÉDIAIRE DONNÉE PAR L'OBJECTIF

- On place la lentille ( $L_1$ ) sur la graduation 100.
- On oriente le banc de façon à viser un objet situé à une trentaine de mètres.
- On déplace un écran transparent et gradué derrière la lentille  $L_1$  de façon à trouver la position et la taille de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  donnée par l'objectif.
- 2. Caractériser l'image intermédiaire  $A_1B_1$  observée (sens, taille par rapport à l'objet, réelle ou virtuelle).
- 3. Quelle est la taille de cette image ?
- 4. À quelle distance cette image se situe-t-elle de l'objectif ? En déduire la valeur de  $\overline{O_1A_1}$ . La comparer avec la distance focale  $f'_1$  de l'objectif. Le résultat était-il prévisible ?

### b. IMAGE DONNÉE PAR LA LUNETTE

On désire modéliser une lunette afocale, c'est-à-dire une lunette qui donne, d'un objet AB à l'infini, une image A'B' à l'infini. Pour cela on utilise la lentille ( $L_2$ ).

- 5. À quelle distance de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  doit-on placer l'oculaire pour que l'image définitive A'B' soit à l'infini ? En déduire la valeur de  $\overline{O_2A_1}$ .
- On place la lentille ( $L_2$ ) en respectant la distance trouvée à la question précédente.
- On enlève l'écran et on observe l'image définitive donnée par la lunette.
- 6. Quel est le sens de l'image définitive A'B' par rapport à l'objet AB observé à l'œil nu ?

### c. CERCLE OCULAIRE

Le cercle oculaire correspond au cercle de diamètre minimum formé par le faisceau lumineux à la sortie de la lunette. C'est sur le cercle oculaire que l'observateur doit placer son œil pour recevoir le maximum de lumière.

- On déplace l'écran gradué derrière l'oculaire, on détermine la position du cercle oculaire et on mesure sa taille.
- 7. Quelle est la valeur de la distance  $O_2O'$  entre le centre  $O_2$  de la lentille ( $L_2$ ) modélisant l'oculaire et le centre  $O'$  du cercle oculaire ? En déduire  $\overline{O_2O'}$ .
- 8. Quelle est la valeur du diamètre C'D' du cercle oculaire ?
- On place la pointe d'un crayon contre l'objectif, observe l'écran placé au niveau du cercle oculaire.
- On déplace la pointe du crayon contre le bord de la monture de l'objectif.
- 9. De quel objet le cercle oculaire est-il l'image ? Quelle est la lentille qui donne cette image ?

## IV. SCHÉMATISATION D'UNE LUNETTE ASTRONOMIQUE

On va modéliser la lunette astronomique précédente (objectif de vergence  $C_1 = 3,3 \delta$ , oculaire de vergence  $C_2 = 6,1 \delta$ ) sur du papier millimétré en utilisant une échelle au  $1/5^\circ$  sur l'axe horizontal et de 1 sur l'axe vertical.

- 10. Comment arrivent les rayons lumineux d'un objet situé à l'infini ?
- 11. Où se forme l'image intermédiaire  $A_1B_1$  donnée par l'objectif quand on vise un objet à l'infini ?

### a. IMAGE INTERMÉDIAIRE DONNÉE PAR L'OBJECTIF

- Placer les foyers  $F_1$  et  $F'_1$  de l'objectif puis déterminer graphiquement la position et la taille de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  de l'objet AB donnée par l'objectif.
- 12. En utilisant la relation de conjugaison, vérifier par le calcul la position de l'image.
- 13. Après avoir calculé la valeur du diamètre apparent  $\vartheta$ , vérifier par le calcul la taille de l'image.  
On rappelle que lorsqu'un angle est inférieur à 0,3 radian, la valeur de la tangente de cet angle est assimilable à celle de l'angle exprimé en radian.

### b. IMAGE DONNÉE PAR LA LUNETTE ET GROSSISSEMENT

On désire modéliser une lunette afocale, donc une lunette qui donne, d'un objet AB à l'infini, une image A'B' à l'infini.

- 14. Que peut-on dire de la position du foyer objet  $F_2$  de l'oculaire pour que l'image finale soit à l'infini ?  
Exprimer alors  $\overline{O_2A_1}$ . Placer l'oculaire sur le schéma et indiquer la position de ces foyers.
- 15. Déterminer graphiquement et par le calcul la position de l'image définitive A'B' donnée par la lunette.
- 16. Déterminer la valeur  $\vartheta'$  du diamètre apparent de l'image définitive A'B' donnée par la lunette.
- 17. Calculer le grossissement  $G = \frac{\vartheta'}{\vartheta}$  de cette lunette afocale. Comparer cette valeur avec le rapport des distances focales  $\frac{f'}{f}$ .

### c. CERCLE OCULAIRE

Le cercle oculaire correspond au cercle de diamètre minimum formé par le faisceau lumineux à la sortie de la lunette. C'est aussi l'image de la monture de l'objectif donnée par l'oculaire.

- Construire l'image C'D' de la monture CD de l'objectif et placer le point O', centre du cercle oculaire.
- 18. Déterminer, par le calcul, la position et la taille de l'image C'D' de l'objectif donnée par l'oculaire.
- 19. Comparer les résultats précédents avec la détermination expérimentale de la position et de la taille du cercle oculaire effectuée aux questions 7 et 8.