

Fiche de synthèse n°14

La lunette astronomique, instrument afocal

1. Présentation de la lunette astronomique

Quelques repères historiques

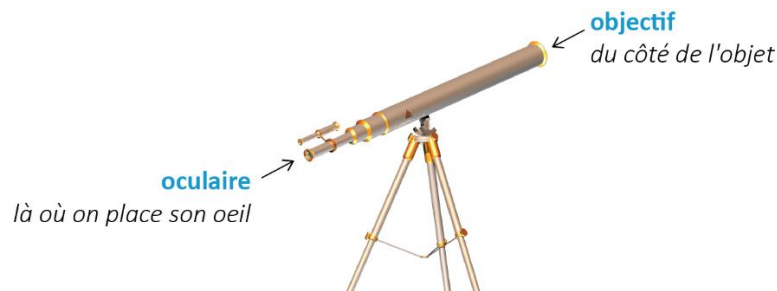


La lunette astronomique est un instrument destiné à l'observation d'objets très grands et très lointains : les astres. La lunette astronomique a été inventée aux Pays Bas à la fin du XVI^{ème} siècle. Mais c'est le physicien italien Galilée qui, le premier, a eu l'idée d'utiliser un tel instrument pour observer les astres. Il en a perfectionné le concept et a construit de nombreuses lunettes. Cela lui a permis d'innombrables découvertes, comme l'existence des satellites de Jupiter, les phases de Vénus, les anneaux de Saturne, etc. Ses observations ont une portée considérable puisqu'elles concourent toutes à accréditer les thèses de Copernic, plaçant le Soleil et non plus la Terre au centre de notre système.

Constitution de la lunette astronomique

Une lunette astronomique est constituée deux parties optiques :

- Le système optique placé du côté de l'objet est appelé **l'objectif** de la lunette.
- Le système optique placé du côté de l'œil de l'observateur est appelé **l'oculaire** de la lunette.



2. Modèle optique de la lunette astronomique

On modélise comme suit la lunette astronomique :

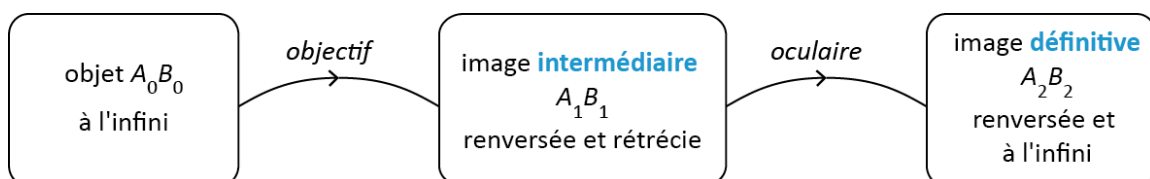
- l'objet observé étant très grand et très lointain, il est modélisé par un objet A_0B_0 « à l'infini » ;
- l'objectif est modélisé par une lentille convergente de centre optique O_1 et de distance focale f'_1 ;
- l'oculaire est modélisé par une lentille convergente de centre optique O_2 et de distance focale f'_2 .

2.1. Formation d'une image par la lunette astronomique

Le principe de la lunette afocale

L'image donnée par l'instrument doit se trouver à l'infini afin d'être observable sans effort d'accommodation. Cette condition est réalisée lorsque la lunette est mise au point : elle est alors afocale.

Son principe peut alors être résumé ainsi :

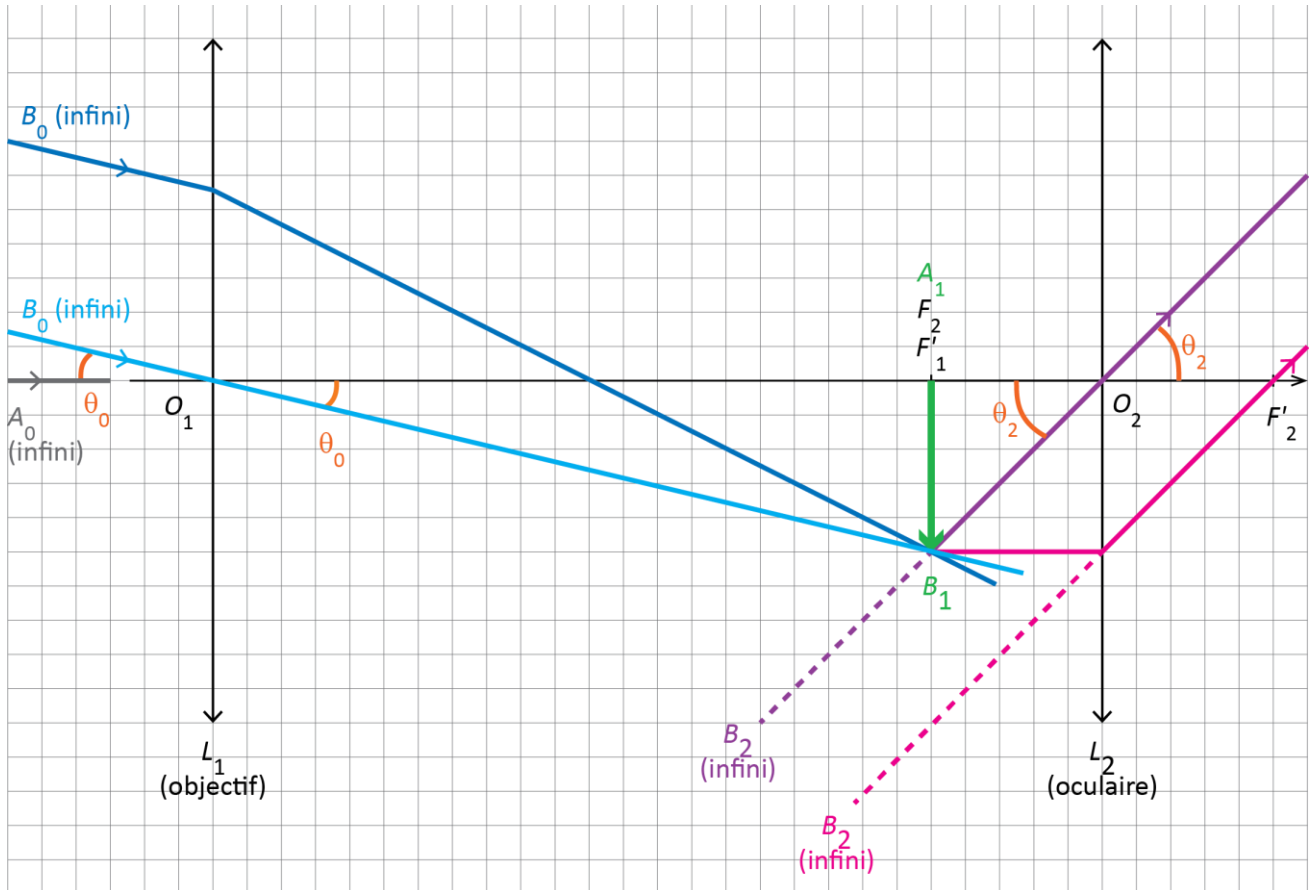




Lorsque la mise au point est réalisée, **le foyer image F'_1 de l'objectif et le foyer objet F_2 de l'oculaire sont confondus**. Alors :

- L'objectif donne de l'objet A_0B_0 une image A_1B_1 réelle et renversée, dans son plan focal image (A_0B_0 étant à l'infini). On l'appelle **l'image intermédiaire**.
- L'image intermédiaire A_1B_1 est un objet pour l'oculaire, placé dans son plan focal objet.
- L'oculaire donne de A_1B_1 une **image définitive A_2B_2 rejetée à l'infini**, donc observable confortablement à l'œil nu.

Figure illustrant la formation de l'image A_2B_2 de l'objet donnée par la lunette



Une version animée de cette construction est proposée sur le site des collections numériques.

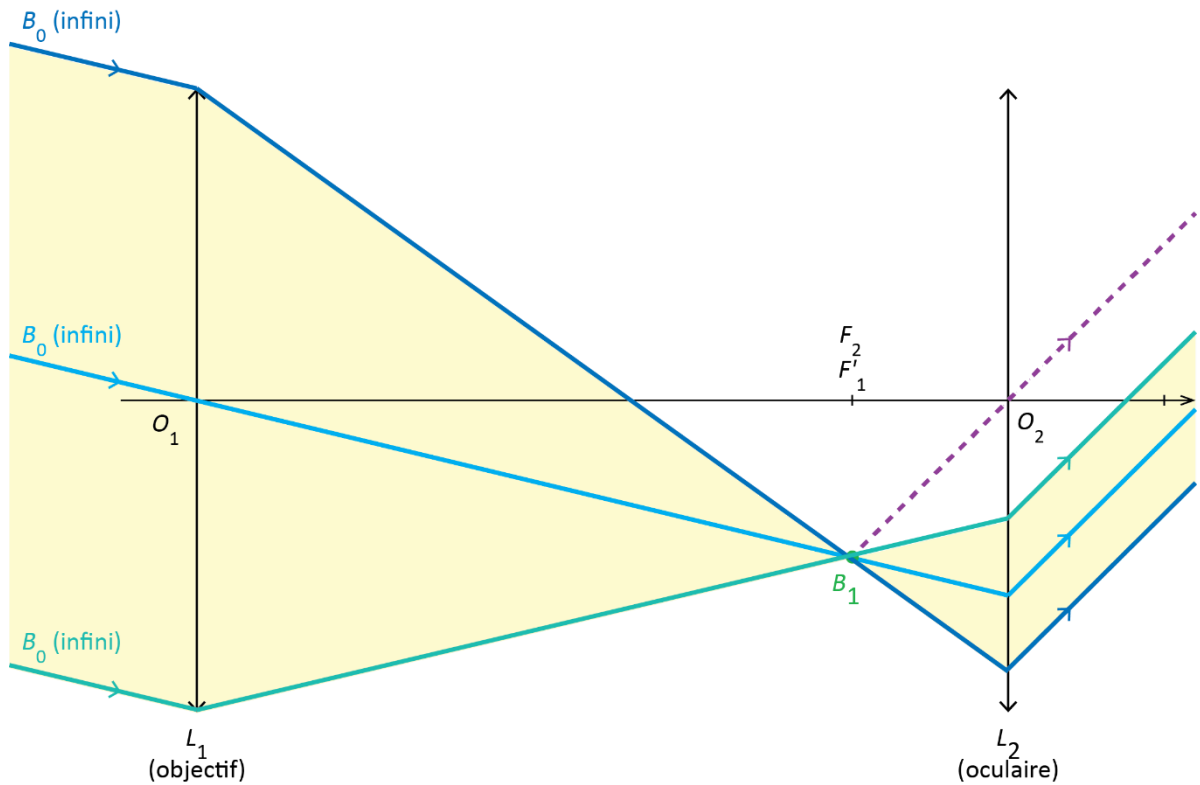
2.2. Un instrument afocal

L'objet est à l'infini, l'image définitive est à l'infini : on dit que, lorsqu'elle est mise au point, la lunette astronomique est « **afocale** ».

2.3. Tracé du faisceau traversant l'instrument

La figure ci-dessous illustre la marche du faisceau de lumière issu du point objet B_0 pénétrant dans la lunette. Pour l'obtenir il faut :

- tracer la marche du rayon de lumière issu de B_0 s'appuyant sur le bord supérieur de l'objectif ;
- tracer la marche du rayon de lumière issu de B_0 s'appuyant sur le bord inférieur de l'objectif ;
- le faisceau est alors compris entre ces deux rayons limites.



Une version animée de cette construction est proposée sur le site des collections numériques.

3. Le grossissement de la lunette astronomique

Définition du grossissement :

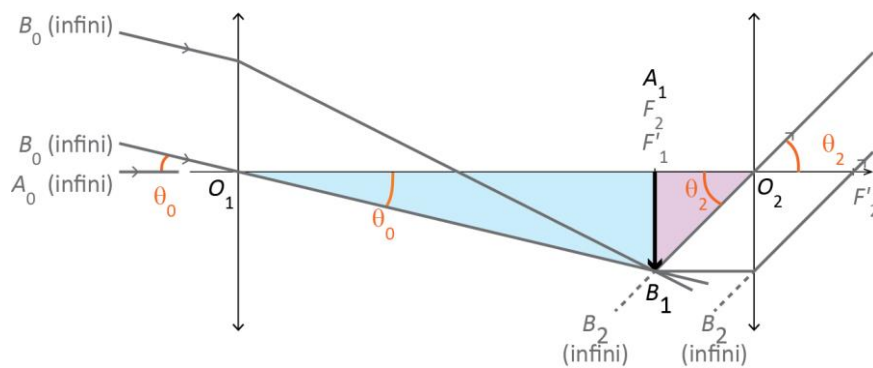
L'intérêt de la lunette astronomique réside dans le fait que le diamètre angulaire de l'image définitive est plus élevé que celui de l'objet.

Le grossissement de la lunette astronomique est défini par :

$$G = \frac{\theta_2}{\theta_0}$$

- G : grossissement (sans unité)
- θ_0 : diamètre angulaire de l'objet (rad)
- θ_2 : diamètre angulaire de l'image définitive (rad)

Expression du grossissement en fonction des distances focales de l'objectif et de l'oculaire :



Dans le triangle rectangle $O_1F_1'B_1$ (en bleu sur la figure ci-dessus) :

$$\theta_0 \approx \tan \theta_0 = \frac{A_1 B_1}{O_1 F_1'} = \frac{A_1 B_1}{f_1}$$

approximation des
petits angles en rad



De même, dans le triangle rectangle $O_2F_2B_1$ (en mauve sur la figure ci-dessus) :

$$\theta_2 \approx \tan \theta_2 = \frac{A_1B_1}{O_1F_2} = \frac{A_1B_1}{f_2'}$$

On en déduit :

$$G = \frac{\theta_2}{\theta_0} = \frac{f_1'}{f_2'}$$

Remarque : cette expression justifie le choix d'une lentille de longue distance focale pour l'objectif et de courte distance focale pour l'oculaire. Un objectif de lunette astronomique peut avoir une distance focale de plusieurs mètres, et les meilleurs oculaires ont des distances focales de l'ordre de quelques millimètres

Pour augmenter le grossissement d'une lunette il faut réduire la distance focale de l'oculaire. Cela engendre :

- une augmentation du grossissement (c'est l'effet souhaité)
- une baisse de la luminosité des images et une réduction du champ.

4. Pouvoir de résolution de la lunette astronomique

La définition du pouvoir de résolution de la lunette astronomique est la même que pour tous les instruments : c'est l'angle minimal entre deux points dont on peut distinguer les images.

Ce pouvoir de résolution est notamment limité par la diffraction du faisceau de lumière entrant dans l'objectif. Ainsi :

Plus l'objectif a un grand diamètre, moins la diffraction est importante et meilleure est la résolution.

Voir séquence 11 sur le microscope pour plus de détails concernant le lien entre la diffraction et la résolution.