

1 Fonctionnement d'une lunette astronomique

► Constitution

La lunette astronomique est un instrument d'optique destiné à l'observation des astres ou des objets très éloignés (FIG. 1).

Une lunette astronomique est formée de deux systèmes optiques (FIG. 2) :

- un **objectif** orienté vers l'**objet** à observer ;
- un **oculaire** devant lequel on place l'**œil**.

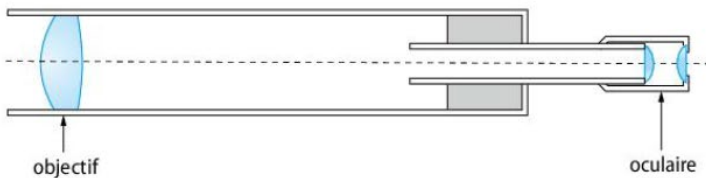


FIG. 2 Schéma simplifié d'une lunette astronomique.

Remarque. L'oculaire d'une lunette astronomique est un système optique convergent composé d'une association de plusieurs lentilles.

Une lunette astronomique qui donne d'un **objet à l'infini**, une **image à l'infini**, donc observable **sans accommodation** pour un œil normal, est dite **afocale**.

► Modélisation

Une lunette astronomique peut être modélisée par deux lentilles convergentes alignées le long d'un même axe optique.

Dans le cas d'une lunette afocale, le **foyer image F'_1 de l'objectif coïncide avec le foyer objet F_2 de l'oculaire** (FIG. 3).

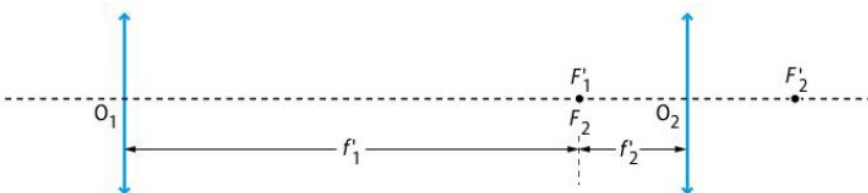


FIG. 3 Modélisation d'une lunette astronomique afocale.

L'objectif L_1 , de **grande distance focale f'_1** , donne de l'objet \overline{AB} situé à l'infini, une image intermédiaire $\overline{A_1B_1}$ dans son plan focal image.

L'oculaire L_2 de **distance focale f'_2 beaucoup plus faible**, donne de l'image intermédiaire $\overline{A_1B_1}$, une image $\overline{A'B'}$ à l'infini pour que l'œil n'ait pas besoin d'accommoder (FIG. 4).

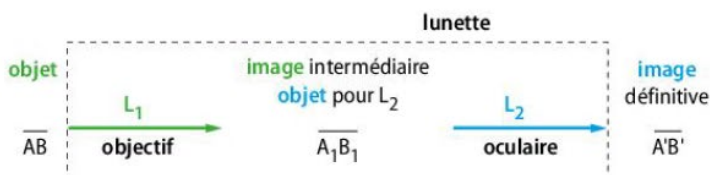


FIG. 4 Étapes de la construction de l'image donnée par une lunette astronomique.



FIG. 1 L'objectif de la grande lunette de l'Observatoire de Meudon a une distance focale $f'_1 = 16$ m pour une distance focale de l'oculaire $f'_2 = 4$ cm.



Une animation pour observer le trajet des rayons lumineux à l'intérieur d'une lunette astronomique

2 Formation des images

► Construction graphique

L'astre qui joue rôle de l'objet AB est situé à l'infini (FIG. 5). Le point A est situé sur l'axe optique et les rayons lumineux issus de B pénètrent dans la lunette en formant un angle θ avec l'axe optique.

Pour construire l'image intermédiaire, il suffit de prolonger le rayon lumineux issu de B (en orange sur la FIG. 6) qui passe par le centre optique O_1 de l'objectif et qui n'est pas dévié : le point B_1 correspond à son intersection avec le plan focal image de l'objectif. Tous les rayons lumineux issus du point B viennent alors converger au point B_1 .

L'image intermédiaire se forme dans le **plan focal image de l'objectif** qui coïncide avec le **plan focal objet de l'oculaire** dans le cas de la **lunette afocale**.

L'image intermédiaire A_1B_1 étant située dans le plan focal objet de l'oculaire l'image définitive $A'B'$ se formera à l'infini dans la direction θ' , donnée par le rayon issu du point B_1 (en noir sur la FIG. 6) qui traverserait l'oculaire en passant par son centre optique O_2 sans être dévié. Tous les rayons lumineux issus de B_1 émergent de la lunette dans la direction θ' .

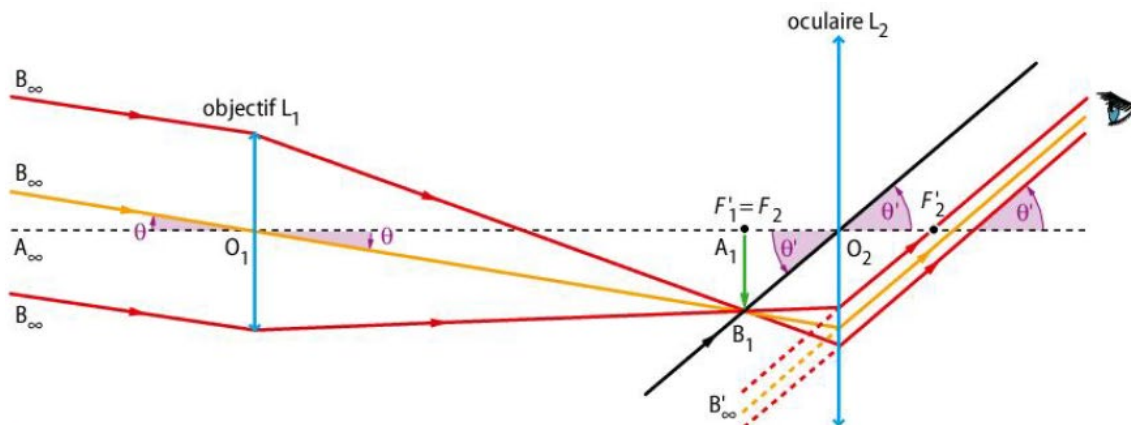


FIG. 6 Marche de trois rayons à travers une lunette afocale.

Remarque. Les angles sont orientés entre l'axe optique et le rayon lumineux. θ' est orienté dans le sens trigonométrique : il est compté positivement ; θ est négatif.

► Relation de conjugaison

Appliquée à l'objectif

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} = \frac{1}{\overline{O_1A}} + \frac{1}{f'_1}$$

L'objet AB étant à l'infini :

$$\overline{O_1A} \rightarrow \infty \text{ donc } \frac{1}{\overline{O_1A}} \rightarrow 0$$

$$\text{soit } \overline{O_1A_1} = f'_1 = \overline{O_1F'_1}$$

Le point A_1 image du point A est donc confondu avec le foyer image F'_1 et l'image intermédiaire A_1B_1 se forme dans le plan focal image de l'objectif.

Appliquée à l'oculaire

$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} = \frac{1}{\overline{O_2A_1}} + \frac{1}{f'_2}$$

L'image $A'B'$ étant à l'infini :

$$\overline{O_2A'} \rightarrow \infty \text{ donc } \frac{1}{\overline{O_2A'}} \rightarrow 0$$

$$\text{soit } \overline{O_2A_1} = -f'_2 = -\overline{O_2F'_2} = \overline{O_2F_2}$$

Le point A_1 image du point A est donc confondu avec le foyer objet F_2 et l'image intermédiaire A_1B_1 se forme dans le plan focal objet de l'oculaire.

VOCABULAIRE

► Un plan perpendiculaire à l'axe optique de la lentille qui passe par un foyer est appelé **plan focal**.

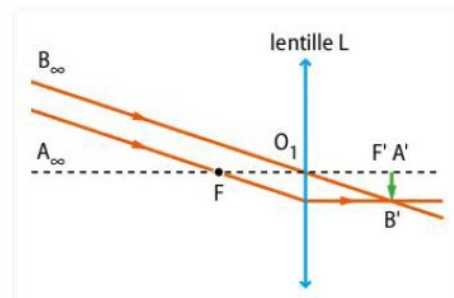


FIG. 5 L'image d'un objet situé à l'infini se forme dans le plan focal image de la lentille convergente.

VOCABULAIRE

► Vu de l'extérieur de la lunette, tout faisceau lumineux parallèle qui pénètre dans la lunette en ressort parallèle. Comme la lunette semble ne pas avoir de foyer on dit qu'elle est **afocale**.

UN PONT VERS LES MATHS

Limite en l'infini de la fonction $\frac{1}{x}$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{x} = 0$$

3 Caractéristiques d'une lunette

► Grossissement

À travers la lunette, on voit l'astre comme s'il était situé à une distance plus petite que la distance réelle (FIG. 7).

EXEMPLE

Une lunette qui grossit 20 fois permet d'observer un astre comme s'il était placé à une distance 20 fois moins grande.

Le **grossissement** \bar{G} d'une lunette est défini comme le rapport :

$$\text{grossissement (sans unité)} \rightarrow \bar{G} = \frac{\theta'}{\theta}$$

θ' ← angle sous lequel l'image définitive A'B' est vue à travers la lunette
 θ ← angle sous lequel l'objet AB est vu à l'œil nu

Remarque. Comme la taille de l'objet (lointain) et celle de l'image (virtuelle) ne sont pas accessibles, on ne détermine pas le **grandissement** mais le **grossissement**.

Dans le cas où la lunette est afocale, les points F'_1 , F_2 et A_1 sont confondus, on peut donc écrire dans les triangles $O_1A_1B_1$ et $O_2A_1B_1$, rectangles en A_1 , (FIG. 6) :

$$\tan(\theta) \approx \theta = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{O_1A_1}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{f'_1} \quad \text{et} \quad \tan(\theta') \approx \theta' = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{O_2A_1}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{-f'_2}$$

$$\text{Soit :} \quad \frac{\theta'}{\theta} = \frac{\frac{\overline{A_1B_1}}{-f'_2}}{\frac{\overline{A_1B_1}}{f'_1}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{-f'_2} \times \frac{f'_1}{\overline{A_1B_1}} = -\frac{f'_1}{f'_2}$$

Le **grossissement d'une lunette afocale** est une grandeur négative :

$$\text{grossissement (sans unité)} \rightarrow \bar{G} = -\frac{f'_1}{f'_2}$$

f'_1 ← distance focale de l'objectif
 f'_2 ← distance focale de l'oculaire

Remarque. La valeur absolue du grossissement devant être la plus élevée possible, la distance focale de l'objectif doit être nettement supérieure à celle de l'oculaire : $f'_1 > f'_2$.

► Diamètre de l'objectif

Les faisceaux lumineux collectés par la lunette sont limités par la **monture de l'objectif**.

Par définition, le **cercle oculaire** d'une lunette correspond à l'image donnée par l'oculaire de la **monture de l'objectif**. C'est à cet endroit qu'il faut placer l'œil pour recevoir un **maximum de lumière** en provenance de l'objet à l'infini.

Plus le **diamètre de l'objectif** est grand, plus la **quantité de lumière collectée** par la lunette et qui pénètre dans l'œil à la sortie de l'oculaire **est grande** (FIG. 8).

L'angle θ sous lequel un astre est vu depuis le lieu d'observation est également appelé **diamètre apparent**.

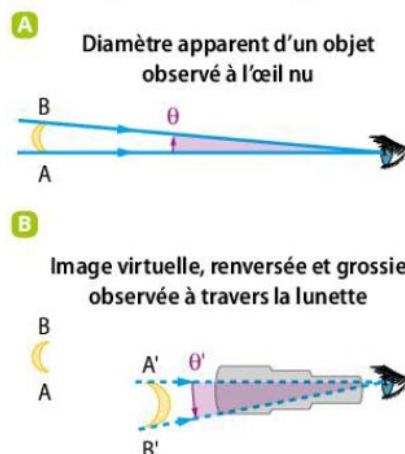


FIG. 7 Diamètre apparent et image virtuelle.

UN PONT VERS LES MATHS

■ Relation trigonométrique dans un triangle rectangle

Dans le triangle OAB, rectangle en A, on peut écrire :

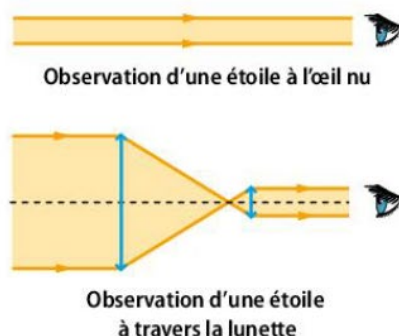
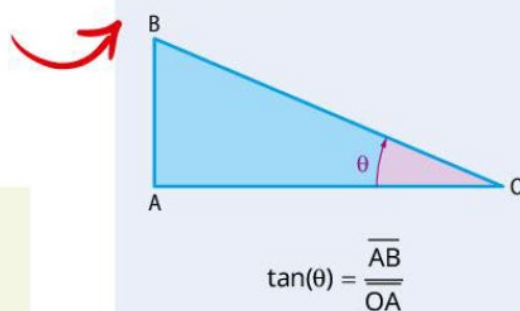
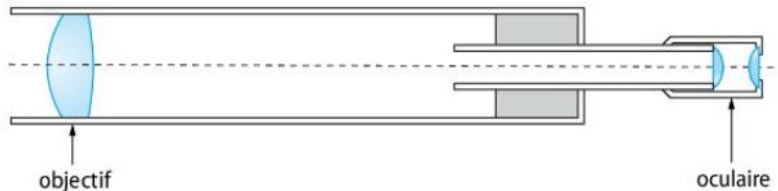


FIG. 8 La lunette collecte la lumière en provenance d'une étoile nous permettant ainsi de la voir alors qu'elle est invisible à l'œil nu.

1 Fonctionnement d'une lunette astronomique

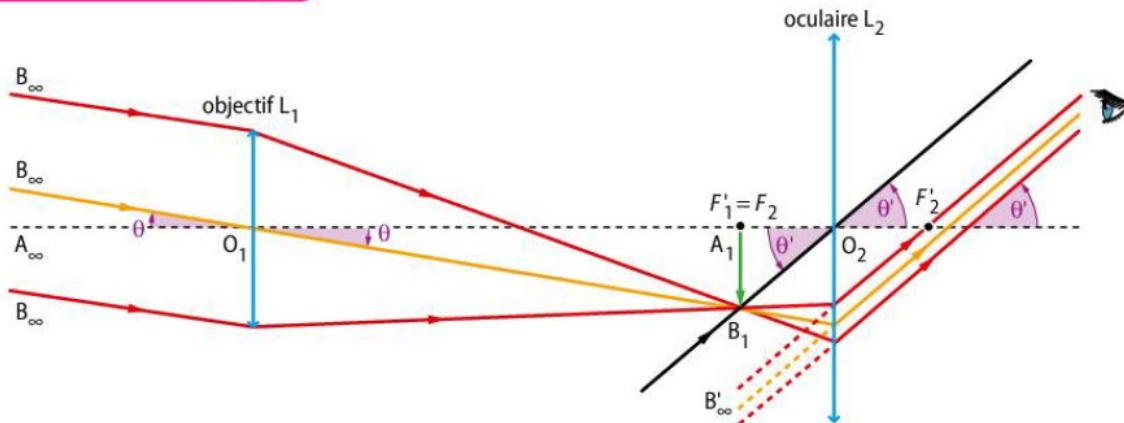
Une lunette astronomique est formée de deux systèmes optiques :

- un **objectif** (orienté vers l'objet à observer) de **distance focale** de l'ordre du **mètre** ;
- un **oculaire** (devant lequel on place l'œil) qui joue le rôle de loupe dont la distance focale est de l'ordre du **centimètre**.



Une lunette astronomique qui donne d'un **objet à l'infini**, une **image à l'infini**, donc observable sans accommodation pour un œil normal, est dite **afocale**. Le foyer image F'_1 de l'objectif **coïncide** avec le foyer objet F_2 de l'oculaire.

2 Formation des images



L'**image intermédiaire** se forme dans le **plan focal image** de l'objectif qui coïncide avec le **plan focal objet** de l'oculaire dans le cas de la **lunette afocale**.

3 Caractéristiques d'une lunette

Le **grossissement** \bar{G} d'une lunette est défini comme le rapport :

$$\text{grossissement (sans unité)} \rightarrow \bar{G} = \frac{\theta'}{\theta}$$

angle sous lequel l'image définitive $A'B'$ est vue à travers la lunette

angle sous lequel l'objet AB est vu à l'œil nu

Le **grossissement d'une lunette afocale** s'écrit également :

$$\text{grossissement (sans unité)} \rightarrow \bar{G} = -\frac{f'_1}{f'_2}$$

distance focale de l'objectif

distance focale de l'oculaire

Le rôle de la lunette est de **collecter le maximum de lumière** provenant des astres observés : le **diamètre de l'objectif** doit donc être **important**.