

# Lunette astronomique

## TERMINALE

### 1 Rappels : lentille convergente et objet à l'infini

#### Définition

Une **lentille mince convergente** est caractérisée par sa **distance focale**  $f' = \overline{OF'} > 0$ , où  $F'$  est le **foyer image** et  $F$  le **foyer objet**, symétrique de  $F'$  par rapport au centre optique  $O$ .

#### Propriété

Les **trois rayons de construction** :

- un rayon passant par le **centre optique**  $O$  n'est pas dévié ;
- un rayon **parallèle à l'axe** émerge en passant par  $F'$  ;
- un rayon passant par  $F$  émerge **parallèle à l'axe**.

#### Propriété

Un objet **à l'infini** envoie sur la lentille un faisceau de rayons **parallèles entre eux**. Son image se forme dans le **plan focal image** : elle est réelle, renversée, et de taille

$$\overline{A'B'} = -f' \tan \theta$$

où  $\theta$  est le **diamètre apparent** de l'objet, c'est-à-dire l'angle sous lequel on le voit à l'œil nu.

Un astre est toujours considéré « à l'infini » : la Lune est à 384 000 km, une distance sans commune mesure avec la longueur de la lunette. Les rayons qui nous en parviennent sont donc parallèles.

### 2 Le modèle de la lunette afocale

#### Définition

Une **lunette astronomique** est modélisée par deux lentilles minces convergentes de même axe optique :

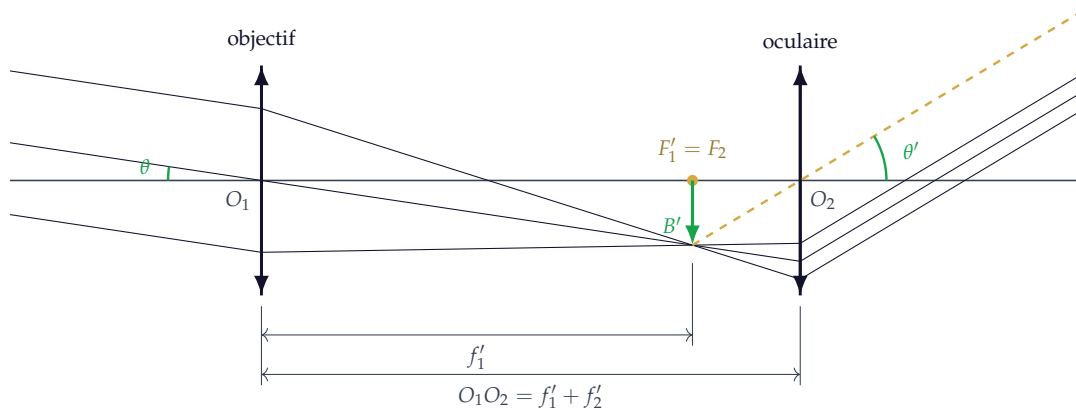
- l'**objectif**, de **grande** distance focale  $f'_1$ , tourné vers l'astre ;
- l'**oculaire**, de **petite** distance focale  $f'_2$ , placé du côté de l'œil.

#### Propriété

La lunette est dite **afocale** lorsque le foyer image de l'objectif est confondu avec le foyer objet de l'oculaire :

$$\boxed{F'_1 = F_2} \quad \text{donc} \quad \boxed{O_1O_2 = f'_1 + f'_2}$$

Un objet à l'infini donne alors une image **à l'infini** : l'œil, qui observe naturellement à l'infini, n'a aucun effort d'accommodation à fournir.



Le faisceau entre **parallèle** et ressort **parallèle** — mais dans une direction plus inclinée. C'est la signature d'une lunette afocale, et le point à vérifier en premier sur toute construction.

### 3 Le grossissement

#### Définition

Le **grossissement** d'une lunette afocale est le rapport de l'angle  $\theta'$  sous lequel on voit l'objet à travers la lunette, à l'angle  $\theta$  sous lequel on le voit à l'œil nu :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

C'est un nombre **sans unité**, supérieur à 1.

#### Méthode — Établir l'expression du grossissement

1. L'objectif forme l'image intermédiaire  $A'B'$  dans son plan focal image. Le rayon passant par  $O_1$  n'étant pas dévié :

$$\tan \theta = \frac{\overline{A'B'}}{-f'_1}$$

2. Cette image  $A'B'$  est située dans le plan focal *objet* de l'oculaire. Le rayon issu de  $B'$  passant par  $O_2$  donne la direction du faisceau émergent :

$$\tan \theta' = \frac{\overline{A'B'}}{-f'_2}$$

3. Les angles étant petits,  $\tan \theta \approx \theta$  et  $\tan \theta' \approx \theta'$ . En faisant le rapport,  $\overline{A'B'}$  se simplifie :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{f'_1}{f'_2}$$

4. Lecture physique : pour grossir, il faut un objectif de **grande** focale et un oculaire de **petite** focale.

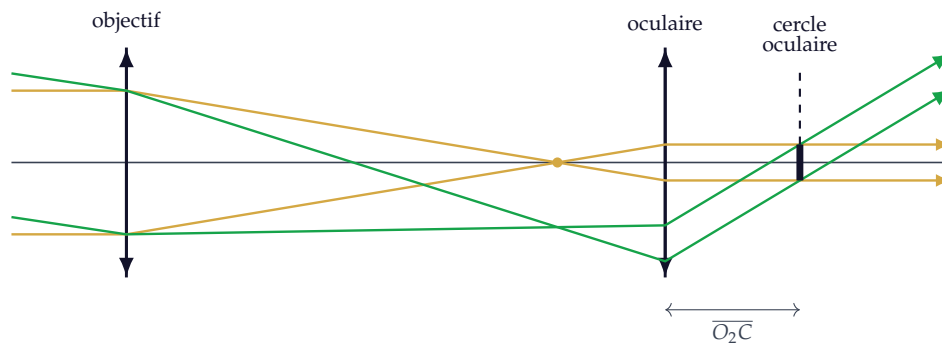
Ne confondez pas **grossissement** et **grandissement**. Le grandissement  $\gamma$  compare deux *longueurs* et concerne des images réelles ; le grossissement compare deux *angles* et concerne des objets à

l'infini. Une lunette afocale n'a pas de grandissement : son image est à l'infini.

#### 4 Le cercle oculaire (hors programme)

##### Définition

Le **cercle oculaire** est l'**image de l'objectif** à travers l'oculaire. *Toute* la lumière qui traverse la lunette y passe : c'est là qu'il faut placer son œil pour ne rien perdre du champ observé.



faisceau issu d'un astre **sur l'axe** et d'un astre **au bord du champ** :  
les deux ont exactement la même section au cercle oculaire

##### Propriété

Le cercle oculaire se construit par la **relation de conjugaison** appliquée à l'oculaire, l'objet étant l'objectif situé à la distance  $f'_1 + f'_2$  en amont :

$$\frac{1}{\overline{O_2C}} - \frac{1}{\overline{O_2O_1}} = \frac{1}{f'_2}$$

Son diamètre  $d$  se déduit du diamètre  $D$  de l'objectif par

$$d = \frac{D}{G}$$

##### Méthode — Positionner et dimensionner le cercle oculaire

Lunette de  $f'_1 = 900$  mm,  $f'_2 = 20$  mm, objectif de diamètre  $D = 60$  mm.

1. L'objectif est à  $\overline{O_2O_1} = -(f'_1 + f'_2) = -920$  mm de l'oculaire.

2. Relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{O_2C}} = \frac{1}{f'_2} + \frac{1}{\overline{O_2O_1}} = \frac{1}{20} - \frac{1}{920} = \frac{45}{920}$$

$$\overline{O_2C} = \frac{920}{45} = 20,4 \text{ mm}$$

Le cercle oculaire se trouve donc à 20,4 mm *derrière* l'oculaire — juste là où l'on place naturellement son œil.

3. Le grossissement vaut  $G = \frac{900}{20} = 45$ , d'où le diamètre :

$$d = \frac{D}{G} = \frac{60}{45} = 1,3 \text{ mm}$$

4. Ordre de grandeur cohérent : la pupille de l'œil mesure de 2 à 7 mm de diamètre. Elle recueille donc bien la totalité du faisceau. ✓

## 5 Exploiter une lunette commerciale

Fiche technique d'une lunette du commerce : **objectif**  $D = 60 \text{ mm}$ ,  $f'_1 = 900 \text{ mm}$  ; **oculaires fournis** : 25 mm, 20 mm, 6 mm. Diamètre apparent de la Lune :  $\theta = 9,0 \times 10^{-3} \text{ rad}$ .

### Méthode — Lire une fiche technique

1. Longueur de la lunette, avec l'oculaire de 20 mm :

$$O_1O_2 = f'_1 + f'_2 = 900 + 20 = 920 \text{ mm}$$

2. Grossissements accessibles :

$$G_{25} = \frac{900}{25} = 36 \quad G_{20} = \frac{900}{20} = 45 \quad G_6 = \frac{900}{6} = 150$$

3. Diamètre apparent de la Lune à travers l'oculaire de 6 mm :

$$\theta' = G \theta = 150 \times 9,0 \times 10^{-3} = 1,4 \text{ rad}$$

4. Interprétation :  $1,4 \text{ rad} \approx 77^\circ$  — bien plus que le champ de la lunette. Avec cet oculaire, la Lune *déborde* du champ observé : on ne peut plus en voir qu'un cratère à la fois.

5. Le cercle oculaire vaut alors  $d = 60/150 = 0,40 \text{ mm}$ , soit moins que la pupille : l'image apparaît nettement moins lumineuse. Le grossissement maximal n'est donc pas toujours le meilleur choix.

### À retenir

- Un objet à l'**infini** envoie des rayons **parallèles** ; son image se forme dans le **plan focal image**.
- Lunette **afocale** :  $F'_1 = F_2$ , donc  $O_1O_2 = f'_1 + f'_2$ . Faisceau parallèle à l'entrée, parallèle à la sortie.
- **Grossissement** :  $G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{f'_1}{f'_2}$  — grand objectif, petit oculaire.
- **Cercle oculaire** : image de l'objectif par l'oculaire, de diamètre  $d = \frac{D}{G}$ . C'est là qu'on place l'œil.
- **Piège** : le grossissement compare des *angles*, pas des longueurs. Une lunette afocale n'a pas de grossissement.
- **Piège** : grossir davantage réduit le cercle oculaire et assombrit l'image. Il existe un grossissement optimal, bien inférieur au maximum annoncé sur les emballages.