

Lunette astronomique

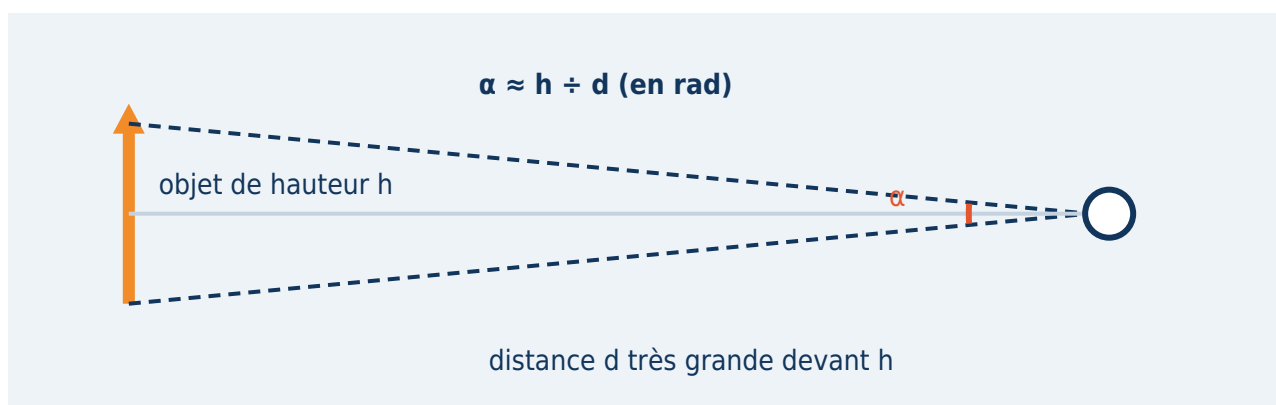
Cours de sciences physiques - niveau Terminale

Quand Galilée a pointé vers le ciel un tube muni de deux lentilles, il a vu des montagnes sur la Lune et des satellites autour de Jupiter. La **lunette astronomique** ne fait pas voir les astres plus gros qu'ils ne sont : elle change l'angle sous lequel on les observe. Voyons comment deux lentilles minces suffisent à construire ce modèle optique, et comment on calcule son grossissement.

Ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Le diamètre apparent d'un astre : un angle

Un astre est si lointain que ses rayons arrivent parallèles entre eux. On caractérise sa taille apparente par l'angle α sous lequel on le voit, appelé **diamètre apparent**. Cet angle est petit : on peut écrire $\alpha \approx \tan \alpha \approx h \div d$, où h est la taille réelle de l'objet et d sa distance, avec α exprimé en **radians** (rad). Pour convertir : α (en rad) = α (en °) $\times \pi \div 180$.



Le diamètre apparent α est l'angle sous lequel l'œil voit l'objet ; il diminue quand la distance augmente.

APPLICATION NUMÉRIQUE

La Lune a un diamètre $h = 3\,474$ km et se trouve à $d = 3,844 \times 10^5$ km. Son diamètre apparent vaut $\alpha = 3\,474 \div 3,844 \times 10^5 = 9,04 \times 10^{-3}$ rad, soit $\alpha \approx \mathbf{0,52^\circ}$. L'œil sépare deux points voisins s'ils sont vus sous un angle d'environ $1'$ (une minute d'arc, soit $2,9 \times 10^{-4}$ rad) : la lunette sert à agrandir cet angle.

Une lunette astronomique modélisée par deux lentilles

Le modèle optique de la lunette astronomique (ou **lunette afocale**) comprend deux lentilles minces convergentes de même axe optique :

- l'**objectif** L_1 , de grande distance focale f_1' : il donne de l'astre une image dans son plan focal image ;
- l'**oculaire** L_2 , de petite distance focale f_2' : il joue le rôle de loupe pour observer cette image.

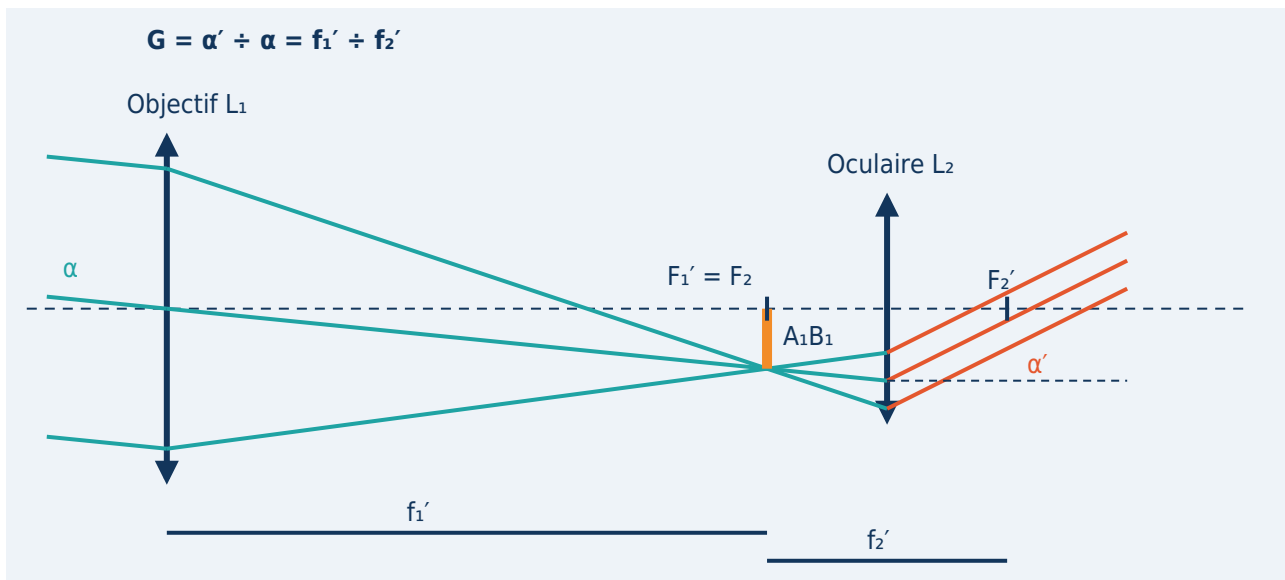
DÉFINITION

Une lunette est dite **afocale** lorsque le foyer image F_1' de l'objectif et le foyer objet F_2 de l'oculaire sont **confondus**. Un objet à l'infini donne alors une image finale à l'infini : l'œil observe sans accommoder. Sa longueur est $L = f_1' + f_2'$.

La distance focale f' d'une lentille est liée à sa vergence C par $C = 1 \div f'$; C s'exprime en dioptries (δ) quand f' est en mètres.

Construction de l'image et grossissement

Un point B de l'astre, à l'infini, envoie un faisceau parallèle incliné de l'angle α sur l'axe. L'objectif en donne une **image intermédiaire** B_1 dans son plan focal image. Ce point B_1 est aussi dans le plan focal objet de l'oculaire : le faisceau émerge donc parallèle, incliné de l'angle α' sur l'axe.



Lunette afocale (schéma non à l'échelle des angles) : l'image intermédiaire A_1B_1 est au foyer commun des deux lentilles.

Dans le triangle formé par A_1B_1 et le centre optique O_1 de l'objectif, $\tan \alpha = A_1B_1 \div f_1'$. Dans le triangle formé par A_1B_1 et le centre optique O_2 de l'oculaire, $\tan \alpha' = A_1B_1 \div f_2'$. Pour de petits angles, $\tan \alpha \approx \alpha$ et $\tan \alpha' \approx \alpha'$: on obtient le grossissement.

FORMULE À RETENIR

$$G = \alpha' \div \alpha = f_1' \div f_2'$$

G : grossissement, sans unité ; α et α' en radians (ou dans la même unité d'angle) ; f_1' et f_2' dans la même unité de longueur. Taille de l'image intermédiaire : $A_1B_1 = f_1' \times \tan \alpha \approx f_1' \times \alpha$.

APPLICATION NUMÉRIQUE

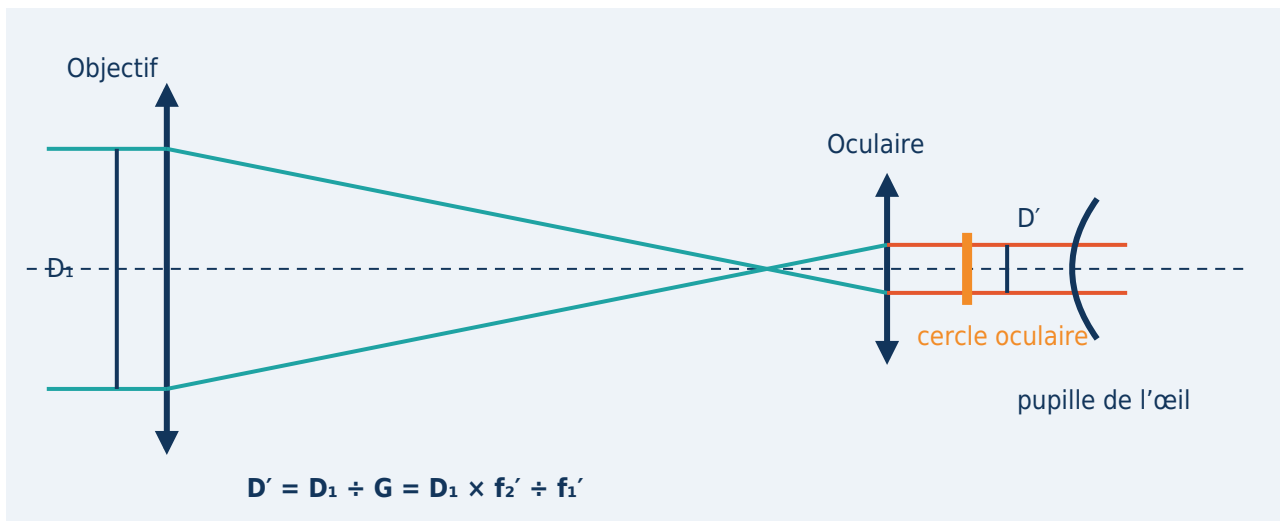
Lunette avec $f_1' = 800$ mm et $f_2' = 20$ mm, pointée vers la Lune ($\alpha = 0,52^\circ = 9,1 \times 10^{-3}$ rad). Grossissement : $G = 800 \div 20 = \mathbf{40}$. Longueur : $L = 800 + 20 = \mathbf{820}$ mm. Image intermédiaire : $A_1B_1 = 800 \times 9,1 \times 10^{-3} \approx \mathbf{7,3}$ mm. Angle d'observation : $\alpha' = 40 \times 0,52^\circ \approx \mathbf{21^\circ}$.

ERREUR FRÉQUENTE

Le grossissement G n'est pas un rapport de tailles : c'est un rapport d'**angles**. L'image finale est **renversée** (l'image intermédiaire l'est déjà) et à l'infini, on ne peut pas la mesurer sur un écran.

Le cercle oculaire : où placer l'œil

Tous les rayons qui traversent l'objectif ressortent de l'oculaire en passant par une petite zone circulaire : l'image de l'objectif donnée par l'oculaire. C'est le **cercle oculaire**. Pour recevoir toute la lumière collectée, la pupille de l'œil doit s'y placer, et son diamètre doit être au moins égal à celui du cercle.



Le faisceau qui a traversé l'objectif (diamètre D_1) est comprimé par l'oculaire en un cercle de diamètre $D' = D_1 \div G$.

Cette relation découle du grandissement de l'oculaire, qui forme l'image de l'objectif : $\gamma = -f_2' \div f_1'$ (valeur absolue : $1 \div G$). Pour que tout le flux utile entre dans l'œil, D' doit rester inférieur au diamètre de la pupille (de 2 mm le jour à environ 7 mm la nuit).

EXEMPLE

Objectif de diamètre $D_1 = 80 \text{ mm}$, $G = 40$: $D' = 80 \div 40 = \mathbf{2,0 \text{ mm}}$. La lunette collecte $(80 \div 7)^2 \approx 130$ fois plus de lumière qu'une pupille nocturne de 7 mm : les astres faibles deviennent visibles.

Mise au point et limites du modèle

Pour observer un objet proche (un bâtiment, un oiseau), l'image intermédiaire se forme un peu au-delà du plan focal de l'objectif ; on déplace légèrement l'oculaire pour régler la mise au point. Le grossissement est limité en pratique : un G trop grand donne un cercle oculaire minuscule, une image sombre, et la turbulence de l'atmosphère se voit davantage. Une règle empirique donne un grossissement utile maximal voisin de $2 \times D_1$ (D_1 en millimètres). Une lunette réelle comporte des lentilles composées pour limiter les défauts de couleur.

L'essentiel à retenir

- Un astre est vu sous un angle $\alpha \approx h \div d$ (en rad) ; ses rayons arrivent parallèles.
- Lunette afocale : $F_1' = F_2$, longueur $L = f_1' + f_2'$; objet et image à l'infini, œil au repos.
- L'image intermédiaire A_1B_1 est dans le plan focal image de l'objectif : $A_1B_1 = f_1' \times \tan \alpha$.
- Grossissement : $G = \alpha' \div \alpha = f_1' \div f_2'$ (rapport d'angles, sans unité).
- Cercle oculaire : image de l'objectif par l'oculaire, de diamètre $D' = D_1 \div G$.
- L'image finale est renversée ; on règle la mise au point en déplaçant l'oculaire.