

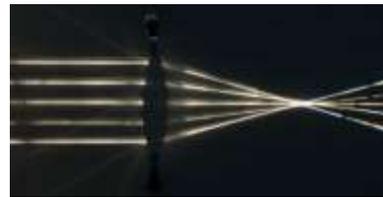
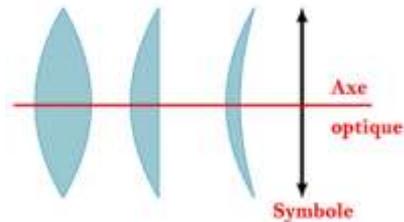
**COURS 15****« Formation d'images à travers une lunette astronomique »****Les compétences à acquérir...**

- Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes ; identifier l'objectif et l'oculaire.
- Modèle optique d'une lunette astronomique avec objectif et oculaire convergents.
- Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé « à l'infini » et traversant une lunette afocale.
- Établir l'expression du grossissement d'une lunette afocale.
- Exploiter les données caractéristiques d'une lunette commerciale.
- Réaliser une maquette de lunette astronomique ou utiliser une lunette commerciale pour en déterminer le grossissement.
- Vérifier la position de l'image intermédiaire en la visualisant sur un écran.

**I- Rappel de 1^{ère} spé :****1- Lentille convergente**

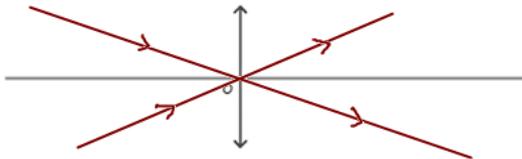
Les **lentilles minces** sont des milieux transparents délimités par 2 surfaces (**dioptré**) dont l'une au moins n'est pas plane. La plupart du temps, elles sont fabriquées en verre

Les lentilles minces convergentes

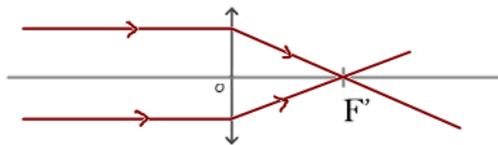
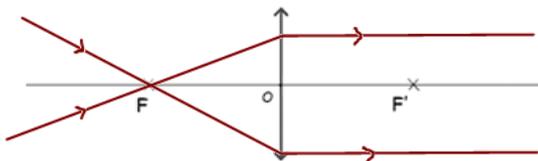
Une lentille convergente fait **converger** les rayons lumineux**2- Quelques propriétés des lentilles minces convergentes :****a- Un rayon lumineux passant par le centre de la lentille :**

Vocabulaire :

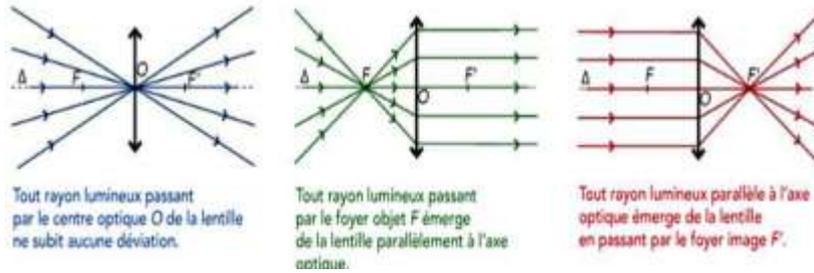
- Le centre d'une lentille mince est appelé le **centre optique** et est noté par la lettre **O**.
- L'**axe optique** noté (Δ) est axe fictif **perpendiculaire** à la lentille passant par **O**

**Propriété 1 :**

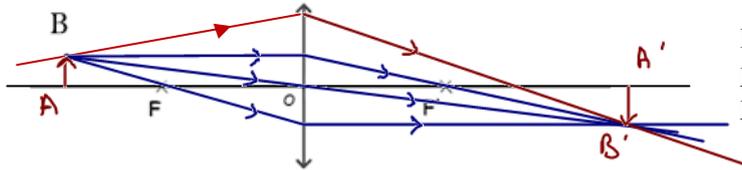
Tout rayon passant par le centre optique n'est pas dévié

b- Rayons incidents parallèles à l'axe optique d'une lentille :**Propriété 2 :**Tout rayon lumineux parallèle à l'axe optique converge vers le point **F'** appelé foyer principal imageLe **foyer principal image** noté **F'** est le point pour lequel tous les rayons incidents parallèles à l'axe optique (Δ) convergent**c- Rayons émergent parallèles à l'axe optique d'une lentille :****Propriété 3 :**Tout rayon lumineux passant par le point **F** appelé foyer principal objet émerge, de la lentille, parallèle à l'axe optique- Le **foyer principal objet** noté **F** est le point pour lequel tous les rayons incidents passant par ce point émergent parallèle à l'axe optique

En résumé :



d- Appliquons ces trois propriétés afin de déterminer l'image A'B' de l'objet AB à travers la lentille

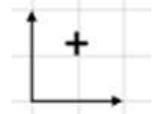


L'image A'B' est nette à la position OA', c'est pourquoi le rayon « rouge » passe par le point B'.

3- Relation de conjugaison :

a- Distance algébrique ou mesure algébrique:

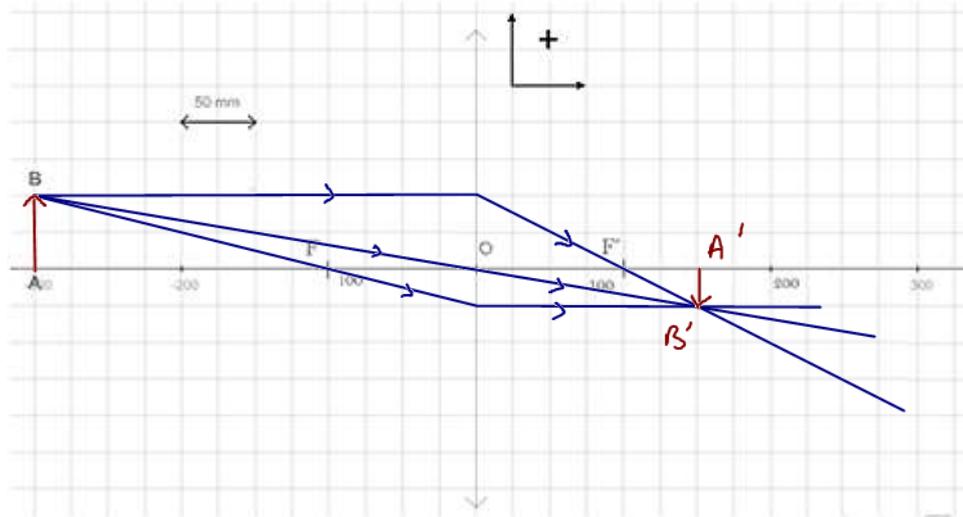
Une **distance algébrique** ou mesure algébrique est une distance orientée qui peut être positive ou négative suivant une référence choisie. Elle est notée \overline{OA}



Exercice :

Où doit-on placer l'écran pour que l'image A'B', de l'objet AB soit nette ?

Schématisation de l'expérience



Construire l'image A'B' sur le graphe.

Réalisé maintenant le montage en prenant la lentille $f = 100 \text{ mm}$
Déplacer l'écran de façon à obtenir une image nette.
Vous devriez retrouver les mêmes positions

Donnez les distances algébriques par rapport à l'exemple précédent :

| | | | |
|--|--|---|---|
| Position de l'objet $\overline{OA} = \dots -300 \text{ mm}$ | Position de l'image $\overline{OA'} = +150 \text{ mm}$ | Taille de l'objet $\overline{AB} = +50 \text{ mm}$ | Taille de l'image $\overline{A'B'} = \dots -25 \text{ mm}$ |
| Position du foyer principal objet $\overline{OF} = \dots -100 \text{ mm}$ | Position du foyer principal image aussi appelée <i>distance focale</i> $\overline{OF'} = \dots +100 \text{ mm}$ | | |

b- Distance focale f' d'une lentille :

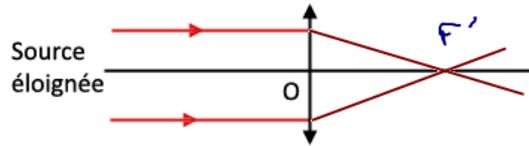
Définition

La **distance focale, notée f'**, est la distance entre le centre optique de la lentille et le foyer image F'

$f' = \overline{OF'} = \frac{1}{C}$
 où f s'exprime en mètre
 « C » est appelée vergence
 et s'exprime en dioptrie notée δ

Méthode pour déterminer f'

Considérons une source suffisamment éloignée pour considérer que les rayons arrivent, sur la lentille, parallèles à l'axe optique : Tous ces rayons convergent au



c- Relation de conjugaison :

Relation

Il existe une relation entre la position d'un objet \overline{OA} et la position de son image $\overline{OA'}$ à travers une lentille de distance focale $f' = \overline{OF'}$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

Les 3 grandeurs doivent être exprimées dans la même unité (m, cm ou mm)

Cette relation est appelée relation **de conjugaison**

Exercice :

L'objet est placé à une distance égale à 25 cm d'une lentille de vergence $C = + 10 \delta \Rightarrow f' = \frac{1}{C} = \frac{1}{10} = 0,10 \text{ m}$

Calculez la position de l'image $\overline{OA'}$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{f' + \overline{OA}}{\overline{OA} \times f'} \Rightarrow \overline{OA'} = \frac{\overline{OA} \times f'}{\overline{OA} + f'}$$

$$= \frac{-0,25 \times 0,10}{-0,25 + 0,10} = 0,17 \text{ m}$$

Calculez la position de l'objet \overline{OA} si l'image $\overline{OA'} = 0,30 \text{ m}$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{f'}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{f' - \overline{OA'}}{\overline{OA'} \times f'} \Rightarrow \overline{OA} = \frac{\overline{OA'} \times f'}{f' - \overline{OA'}}$$

$$= \frac{0,30 \times 0,10}{0,10 - 0,30} = -0,15 \text{ m}$$

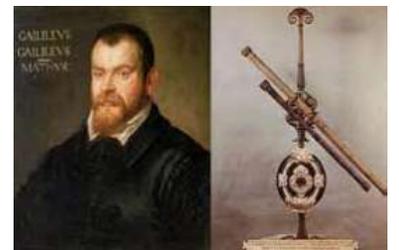
Fin du rappel de 1^{ère}

II- Fonctionnement d'une lunette astronomique :

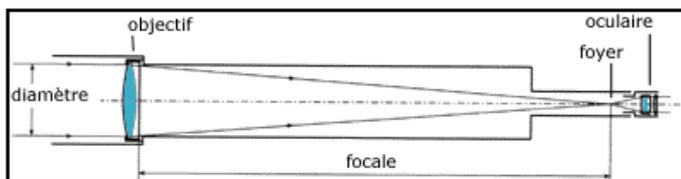
1 - Modèle simplifié d'une lunette astronomique :

La lunette astronomique est un instrument utilisé en optique pour observer des objets *lointain...*, considérés à l'*infini*. Elle permet de grossir la taille apparente d'un objet pour pouvoir en observer des détails invisibles à l'œil nu.

Galilée l'utilisa en 1610 pour découvrir les satellites de Jupiter.



La **lunette astronomique** est constituée de **deux lentilles** convergentes de même axe optique:

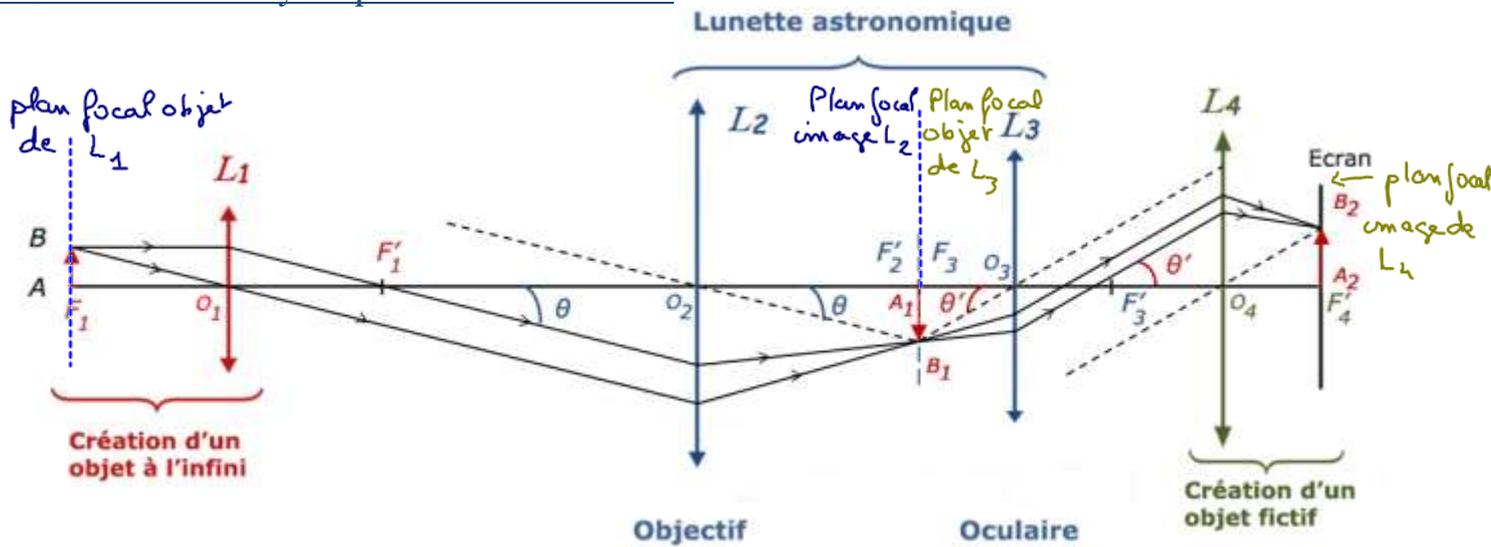


- Une lentille de *grande...* distance focale et orienté vers *l'objet lointain...* : *Objectif*
- Lentille de *petite...* distance focale et orienté vers *l'œil...* : *oculaire*

La lunette est dite **afocale**, si des rayons **parallèles** (objet à l'infini) en entrée ressortent **parallèles** en sortie.

Cette condition est respectée, lorsque les points foyer principal image F'1 de l'objectif et foyer principal objet F2 de l'oculaire sont **confondus**.....

2- Construction des rayons qui traversent la lunette :



Création d'un objet à l'infini

L'objet AB est placé dans le plan focal de la lentille L_1 : $\overline{O_1A} = -f'_1$

$$\frac{1}{O_1A'} - \frac{1}{O_1A} = \frac{1}{f'_1} \Leftrightarrow \frac{1}{O_1A'} = \frac{1}{O_1A} + \frac{1}{f'_1}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{O_1A'} = -\frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_1} = 0 !$$

$\Rightarrow \lim \overline{O_1A'} = +\infty$ Image à l'infini

Si l'objet AB est placé dans le plan focal objet d'une lentille alors son image se trouve à l'infini. Les rayons ressortent //

Lunette astronomique Objectif :

Les rayons issus d'un objet à l'infini arrivent // sur l'objectif, c'est-à-dire la lentille L_2 : $\lim \overline{O_2A_2} = +\infty$

$$\frac{1}{O_2A_2'} - \frac{1}{O_2A_2} = \frac{1}{f'_2} \Leftrightarrow \frac{1}{O_2A_2'} = \frac{1}{O_2A_2} + \frac{1}{f'_2}$$

ou $\lim \frac{1}{O_2A_2} = 0$

$$\Rightarrow \frac{1}{O_2A_2'} = 0 + \frac{1}{f'_2} \Rightarrow \overline{O_2A_2'} = f'_2 \text{ plan focale image de } L_2$$

L'image d'un objet à l'infini à travers une lentille se trouve dans le plan focal image de celle-ci. Un rayon suffit, celui qui passe par le centre.

La lunette est afocale c'est-à-dire que le plan focal image de L_2 correspond au plan focal objet de L_3

Oculaire :

L'objet est dans le plan focal objet de l'objectif, c'est-à-dire de la lentille L_3 : $\overline{O_3A_3} = -f'_3$

$$\frac{1}{O_3A_3'} - \frac{1}{O_3A_3} = \frac{1}{f'_3} \Leftrightarrow \frac{1}{O_3A_3'} = \frac{1}{O_3A_3} + \frac{1}{f'_3}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{O_3A_3'} = -\frac{1}{f'_3} + \frac{1}{f'_3} = 0$$

$\Rightarrow \lim \overline{O_3A_3'} = +\infty$ Image à l'infini

Comme prévu, l'objet est dans le plan focale de L_3 donc l'image est à l'infini.

L'image à la sortie de la lunette est une image à l'infini

Création d'un objet fictif sur un écran : ..œil.....

Les rayons arrivent // sur la lentille L_4 . L'objet est à l'infini: $\lim \overline{O_4A_4} = +\infty$

$$\frac{1}{O_4A_4'} - \frac{1}{O_4A_4} = \frac{1}{f'_4} \Leftrightarrow \frac{1}{O_4A_4'} = \frac{1}{O_4A_4} + \frac{1}{f'_4}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{O_4A_4'} = 0 + \frac{1}{f'_4} \Rightarrow \overline{O_4A_4'} = f'_4$$

L'image nette se fait sur l'écran, c'est-à-dire le plan focal de L_4 .

Construire la lunette astronomique :

Lampe avec la flèche : Lentille L_1 de $f'_1 = 100$ mm Objectif : Lentille L_2 de $f'_2 = 200$ mm

Oculaire : Lentille L_3 : $f'_3 = 100$ mm Œil modélisé : Lentille L_4 de $f'_4 = 125$ mm + écran

En résumé :

- Lorsque l'on observe un **objet lointain à travers une lunette astronomique**, son image se forme **à l'infini**.
Dit autrement, les rayons **parallèles** (objet à l'infini) en entrée de la lunette ressortent **parallèles** à la sortie de celle-ci
- Le **plan orthogonal à l'axe optique** passant par le **point foyer principal image F'1** est appelé **plan focal image** de la lentille L1.
L'image A'B' d'un objet à l'infini à travers une lentille se trouve dans le **plan focal image**
- Le **plan orthogonal à l'axe optique** passant par le **point foyer principal objet F2** est appelé **plan focal objet** de la lentille L2.
Tout objet placé dans le **plan focal objet** d'une lentille a une image **à l'infini**.

3- Grossissement G d'une lunette :

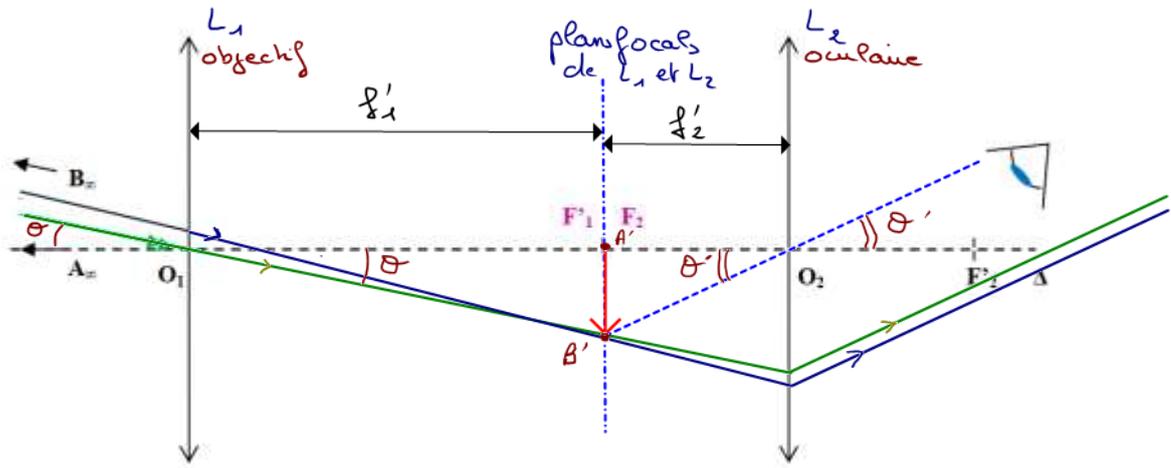
Définition du grossissement :

Le grossissement G est défini par

| | | |
|--|---|---|
| $G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{f'_1}{f'_2}$ | } | A savoir retrouver θ est l'angle sous lequel l'objet est vu sans lunette θ' est l'angle sous lequel l'objet est avec la lunette θ et θ' sont exprimés dans la même unité G est sans unité |
|--|---|---|

Remarque : Il ne faut pas confondre le grossissement et le grandissement
 Grandissement $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$

Recherchons une expression de G en fonction des distances focales f'1 de l'objectif et f'2 de l'oculaire.



$$\left. \begin{array}{l} \text{Si } \theta \text{ est petit alors } \tan \theta \approx \theta = \frac{A'B'}{f'_1} \\ \text{Si } \theta' \text{ est petit alors } \tan \theta' \approx \theta' = \frac{A'B'}{f'_2} \end{array} \right\} \Rightarrow G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A'B'/f'_2}{A'B'/f'_1} = \frac{f'_1}{f'_2}$$

A savoir retrouver

Remarque :

Pour grossir l'objet lointain il faut que $G > 1$

$$\Rightarrow f'_1 > f'_2$$

La distance focale f'1 de l'objectif doit être bien plus grande que la distance focale de l'oculaire.