

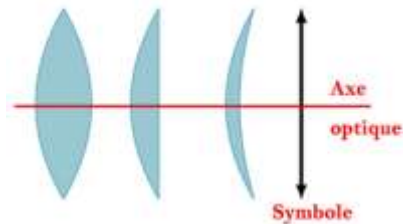
**COURS 15****« Formation d'images à travers une lunette astronomique »****Les compétences à acquérir...**

- 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<sup>ère</sup> spé :****1- Lentille convergente**

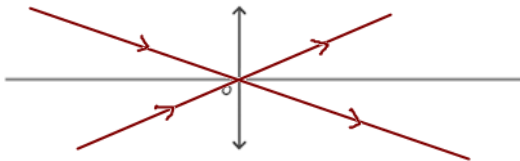
Les **lentilles minces** sont des milieux transparents délimités par 2 surfaces (**dioptré**) dont l'une au moins n'est pas plane. La plupart du temps, elles sont fabriquées en verre

Les lentilles minces convergentes

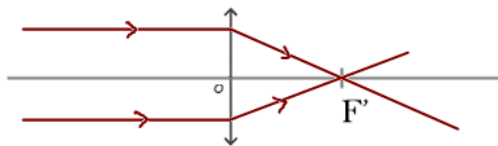
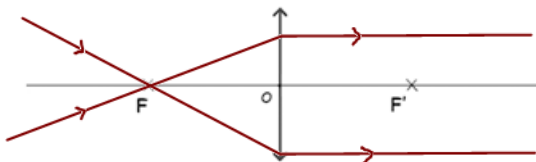
Une lentille convergente fait **converger** les rayons lumineux**2- Quelques propriétés des lentilles minces convergentes :****a- Un rayon lumineux passant par le centre de la lentille :**

Vocabulaire :

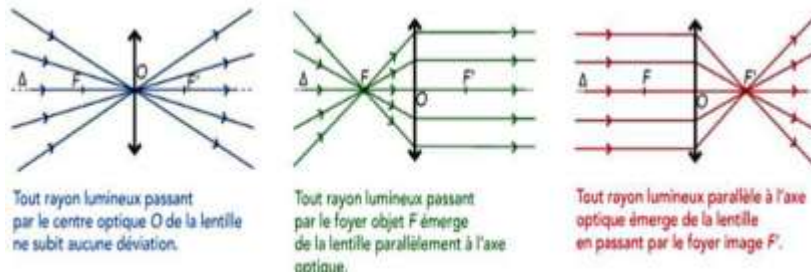
- Le centre d'une lentille mince est appelé le **centre optique** et est noté par la lettre **O**.
- L'**axe optique** noté ( $\Delta$ ) est axe fictif **perpendiculaire** à la lentille passant par **O**

**Propriété 1 :**

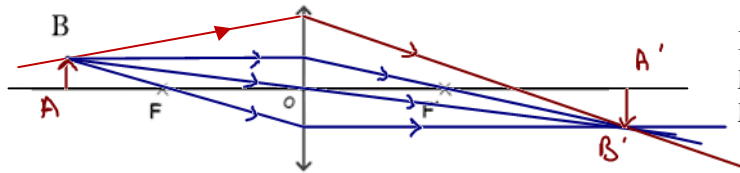
Tout rayon passant par le centre optique n'est pas dévié

**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 image**Le **foyer principal image** noté **F'** est le point pour lequel tous les rayons incidents parallèles à l'axe optique ( $\Delta$ ) **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**

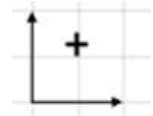


L'image A'B' est nette à la position OA', c'est pourquoi le rayon « rouge » passe par le point B'.

**3- Relation de conjugaison :**

**a- Distance algébrique ou mesure algébrique:**

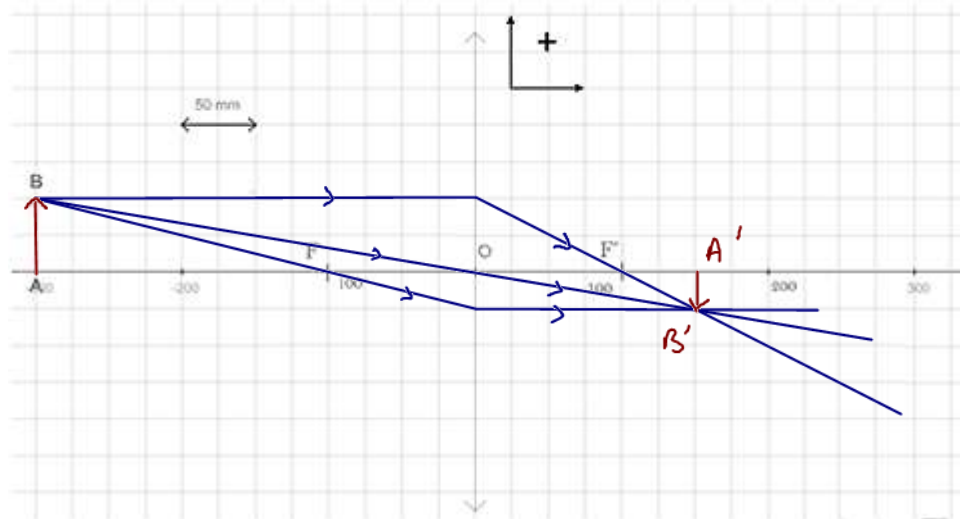
Une **distance algébrique** ou mesure algébrique est une distance orientée qui peut être positive ou négative suivant une référence choisie. Elle est notée  $\overline{OA}$



**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

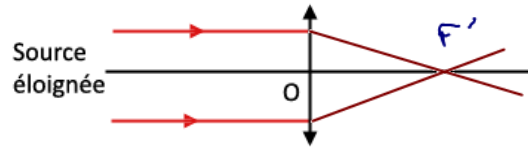
La **distance focale, notée f'**, est la distance entre le centre optique de la lentille et le foyer image F'

$$f' = \overline{OF'} = \frac{1}{C}$$

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  $\overline{OA'}$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} &= \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} \\ \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} &= \frac{f' + \overline{OA}}{\overline{OA} \times f'} \Rightarrow \overline{OA'} = \frac{\overline{OA} \times f'}{\overline{OA} + f'} \\ &= \frac{-0,25 \times 0,10}{-0,25 + 0,10} \\ &= 0,17 \text{ m} \end{aligned}$$

Fin du rappel de 1<sup>ère</sup>

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

$$\begin{aligned} \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} &= \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{f'} \\ \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA}} &= \frac{f' - \overline{OA'}}{\overline{OA'} \times f'} \Rightarrow \overline{OA} = \frac{\overline{OA'} \times f'}{f' - \overline{OA'}} \\ &= \frac{0,30 \times 0,10}{0,10 - 0,30} \\ &= -0,15 \text{ m} \end{aligned}$$

## II- Fonctionnement d'une lunette astronomique :

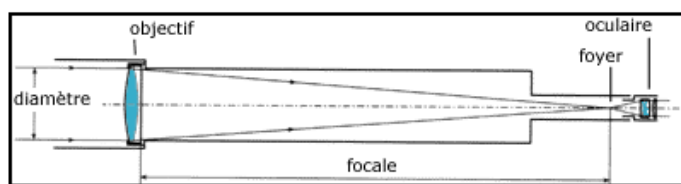
### 1 - Modèle simplifié d'une lunette astronomique :

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:

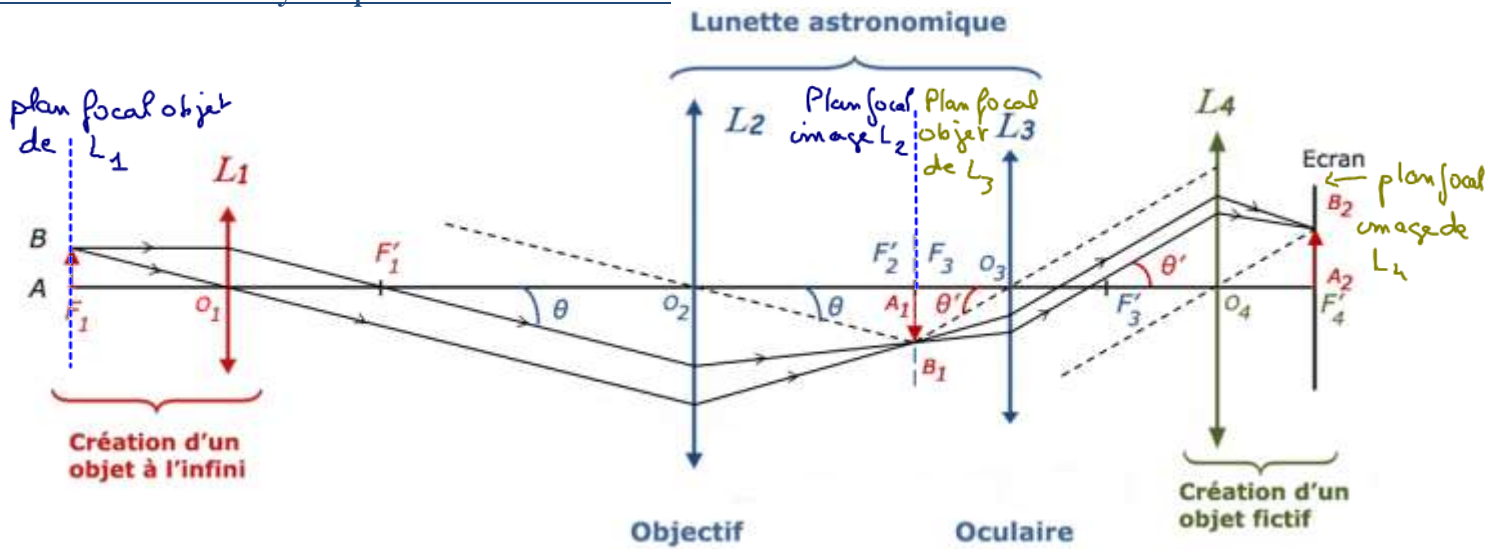


- Une lentille de **grande...** distance focale et orienté vers **l'objet lointain...** : **objectif**
- Lentille de **petite...** distance focale et orienté vers **l'œil...** : **oculaire**

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 focal objet 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 grandissement  $G$  est défini par

$G =$

$\theta$ est l'angle sous lequel l'objet est vu sans lunette
$\theta'$ est l'angle sous lequel l'objet est vu avec la lunette
$\theta$ et $\theta'$ sont exprimés dans la même .....
$G$ est .....

Remarque : .....

Recherchons une expression de  $G$  en fonction des distances focales  $f'_1$  de l'objectif et  $f'_2$  de l'oculaire.

