

## Un système centré.

C'est un ensemble de milieux transparents séparés par des surfaces planes ou sphériques dont l'axe principal est celui de toutes les surfaces du système centré.

On distingue deux types de systèmes centrés :

- Systèmes dioptriques : composés seulement de dioptres
- Systèmes catadioptriques : composés de miroirs et de dioptres

Soit système optique est composé de plusieurs dioptres D1, D2, D3....

Pour chaque dioptre nous avons :

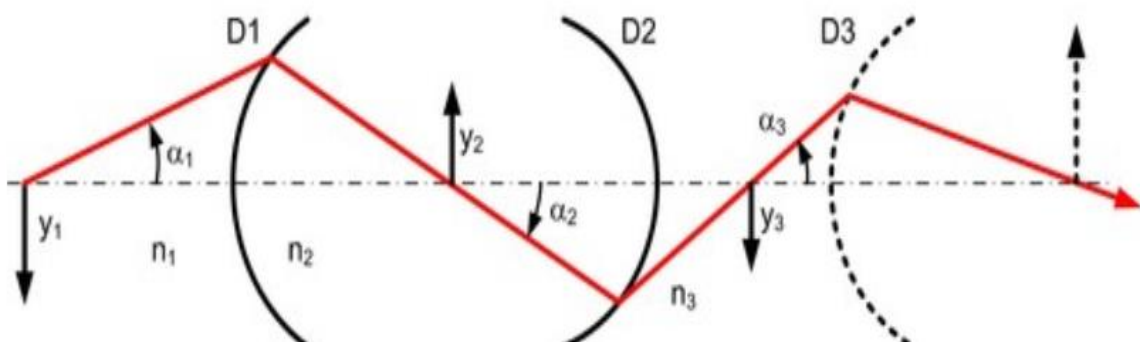
Dioptre (D1): Sommet S1; Centre C1; Objet AB et son image à travers D1 étant A1B1

Dioptre (D2): Sommet S2; Centre C2; Objet A1B1 et son image à travers D2 étant A2B2

Dioptre (D3): Sommet S3; Centre C3; Objet A2B2 et son image à travers D3 étant A3B3 etc....

Dioptre (Dn): Sommet Sn; Centre Cn; Objet AnBn et son image à travers Dn étant A'B'

Ainsi un rayon passant par A passera successivement par les points  $A_1, A_2, \dots, A_n$  et A' en vérifiant pour chacun des dioptres traversés la relation de Lagrange-Helmholtz.



## La relation de Lagrange-Helmholtz :

Si  $A_2 B_2$  est l'image de  $A_1 B_1$  un rayon issu de  $A_1$  se réfracte en K en passant par

$A_2$ . Si l'on choisit le sens trigonométrique comme sens positif des angles on peut écrire :

$$\overline{SK} = -\overline{SA_1} \tan \theta_1 = -\overline{SA_2} \tan \theta_2$$

puisque nous nous plaçons dans l'approximation de Gauss on pourra confondre les tangentes des angles avec les angles exprimés en radians :

$$\overline{SA_1} \theta_1 = \overline{SA_2} \theta_2$$

Nous avons vu que :

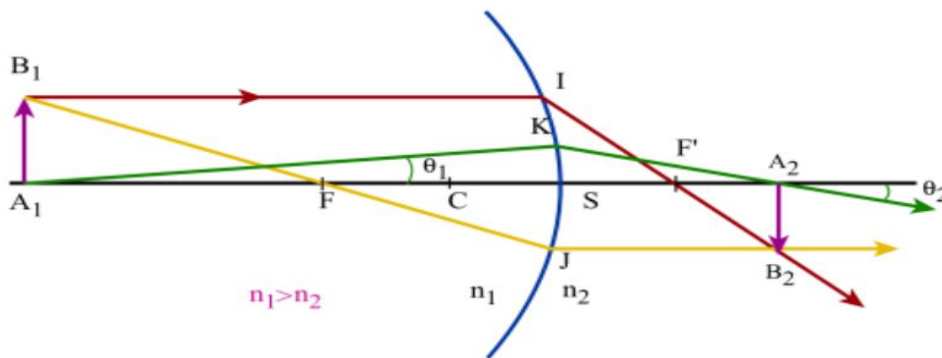
$$\gamma = \frac{n_1}{n_2} \frac{\overline{SA_2}}{\overline{SA_1}} = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}}$$

Soit encore :

$$n_1 \cdot \overline{A_1B_1} \cdot \overline{SA_2} = n_2 \cdot \overline{A_2B_2} \cdot \overline{SA_1}$$

On en déduit facilement la relation de Lagrange-Helmholtz

$$n_1 \cdot \overline{A_1B_1} \cdot \theta_1 = n_2 \cdot \overline{A_2B_2} \cdot \theta_2$$



**Les foyers principaux objet F et image F' d'un système centré :**

Si le point objet A est à l'infini, la position du point image A' est nommée **foyer principal image F'**.

F' est le conjugué du point objet à l'infini.

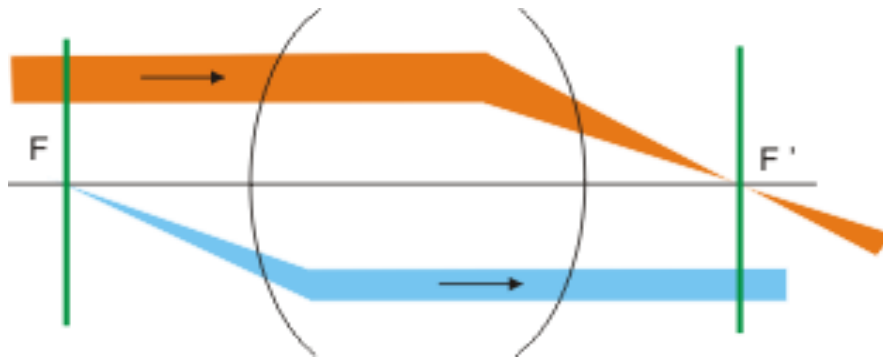
Un faisceau incident parallèle à l'axe converge vers F'.

Le plan normal à l'axe passant par F' est le **plan focal image**.

Le **foyer principal objet F** est le conjugué du point image situé sur l'axe à l'infini.

Le plan normal à l'axe passant par F est le **plan focal objet**.

Un faisceau issu de F émerge en un faisceau parallèle à l'axe optique.



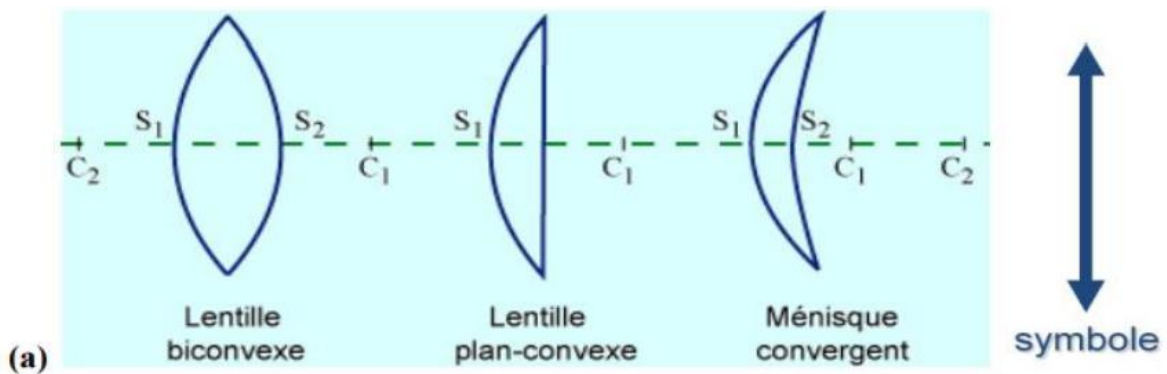
### Les lentilles :

Une lentille est constituée de deux dioptries dont l'un au moins est sphérique. L'épaisseur est la distance entre les sommets des dioptries mesurée sur l'axe optique. Si l'épaisseur de la lentille est négligeable devant les rayons de courbures des deux faces, la lentille est dite **mince**. Dans le cas contraire, c'est une lentille **épaisse**.

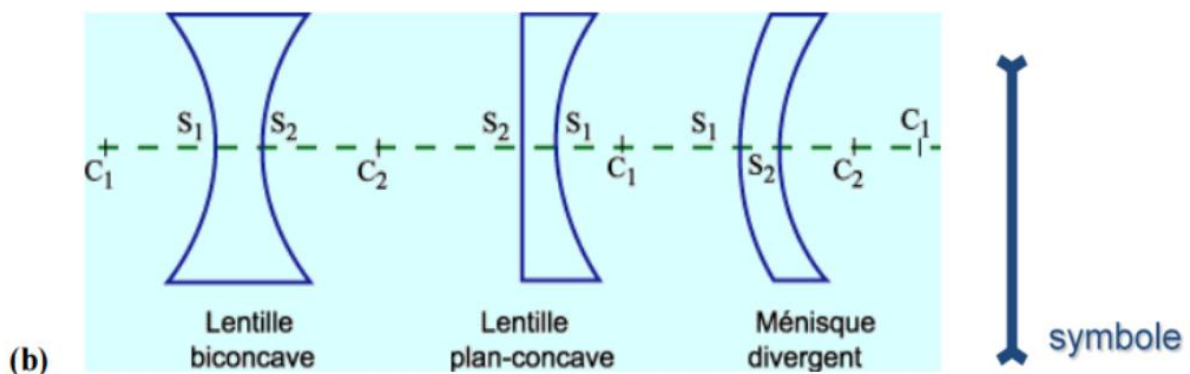
L'épaisseur d'une lentille est  $e = \overline{S_1 S_2}$

Selon les positions relatives des centres des dioptries on peut avoir six formes différentes de lentilles.

**Trois sont à bords minces (convergentes)**: la lentille biconvexe, la lentille plan-convexe et le ménisque à bords minces.



**Trois sont à bords épais (divergentes)** : la lentille biconcave, la lentille plan-concave et le ménisque à bords épais.



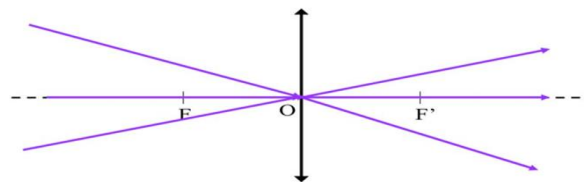
## Lentilles minces :

Une lentille est un milieu transparent homogène d'indice  $n$  limité par deux dioptries dont l'un au moins est sphérique. L'épaisseur d'une lentille est la distance  $S_1S_2$  où  $S_1$  et  $S_2$  sont les sommets des deux dioptries.

Une lentille est dite mince si entre les deux sommets est petite ;

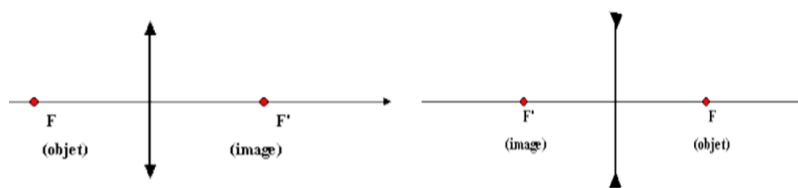
## Centre optique :

Un rayon passant par le centre optique  $O$  n'est pas dévié



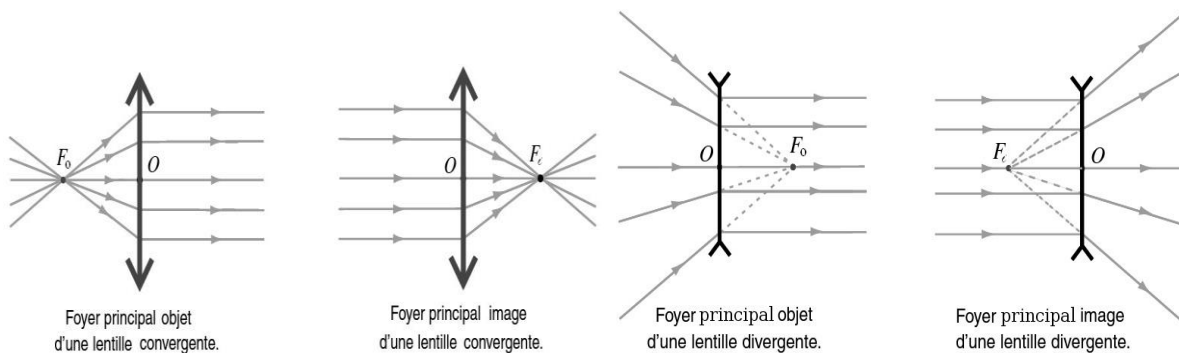
$F$  : foyer objet       $F'$  : foyer image

## Foyer objet, foyer image d'une lentille mince :



Lentille convergente

Lentille divergente



Foyer principal objet  
d'une lentille convergente.

Foyer principal image  
d'une lentille convergente.

Foyer principal objet  
d'une lentille divergente.

Foyer principal image  
d'une lentille divergente.

Lentille convergente :  $F'$  réel  $f' > 0$   
 virtuel  $f' < 0$

Lentille divergente :  $F'$

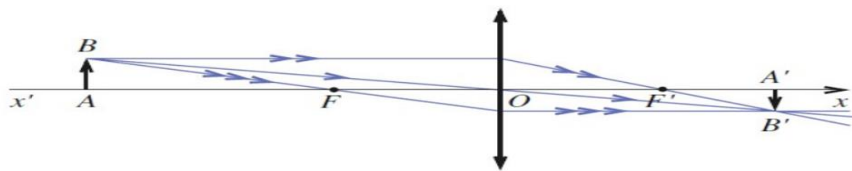
Le rayon parallèle à l'axe avant la lentille est dévié et le rayon sortant passe par le foyer image  $F'$ ;

Le rayon passant par le foyer objet  $F$  avant la lentille est dévié et ressort parallèle à l'axe.

Ceci permet de construire l'image  $A'B'$  d'un petit objet  $AB$  perpendiculaire à l'axe optique.

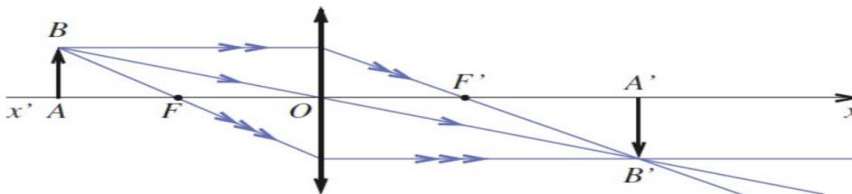
**Constructions d'image d'un objet.**

**Lentille convergente :**



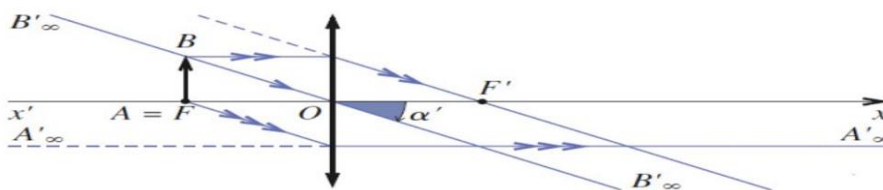
Objet réel

image réelle, renversée, plus petite



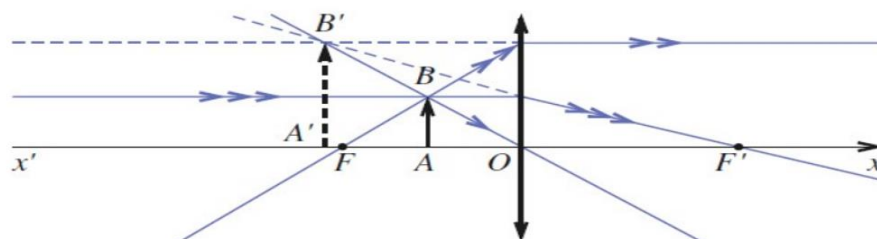
Objet réel

image réelle, renversée, plus grande



Objet réel dans le plan focal

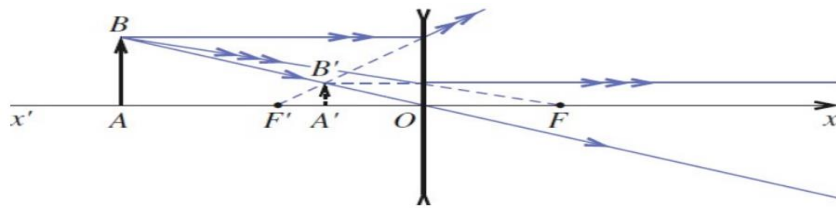
image à l'infini



Objet réel entre le plan focal et le centre

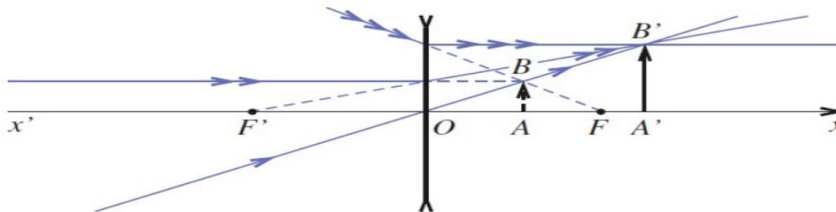
image virtuelle, droite, plus grande

### Lentille divergente :



Objet réel

image virtuelle, droite, plus petite



Objet virtuel

image réelle, droite, plus grande

### Les relations de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \text{ (Par rapport au Sommet)}$$

$$\overline{OA'} < 0 \Rightarrow \text{L'image est virtuelle ;}$$

$$\overline{OA'} > 0 \Rightarrow \text{L'image est réelle ;}$$

$$\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = f \cdot f' = -f'^2 \text{ (Par rapport au Foyer)}$$

### Le grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \text{ (Sans dimension)}$$

Si  $\gamma > 0$  l'image est droite

Si  $\gamma < 0$  l'image est renversée

Si  $|\gamma| > 1$  l'image est plus grande que son objet

Si  $|\gamma| < 1$  l'image est plus petite que son objet

### La vergence :

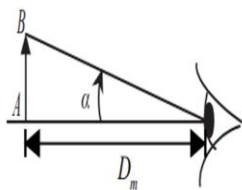
$$V = \frac{1}{f'} \text{ (son unité est la dioptrie } \delta \text{ ou } m^{-1}\text{)}$$

Si  $V > 0$  Lentille convergente

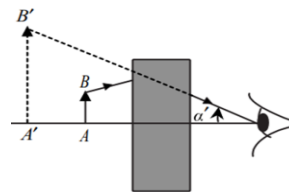
Si  $V < 0$  lentille divergente

#### 4) Instruments optiques :

Les instruments d'optique seront supposés parfaits et capable de grossir des objets de petites tailles. L'image obtenue sera vue sous un angle beaucoup plus grand ainsi sont déterminées les caractéristiques de l'instrument.



$\alpha$ : angle dont l'objet est vu a l'oeil nu



$\alpha'$ : angle dont l'objet est vu à travers l'instrument

Le grandissement :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

La puissance optique :  $P = \frac{\alpha'}{\overline{AB}}$  (son unité est en dioptrie  $\delta$ .)

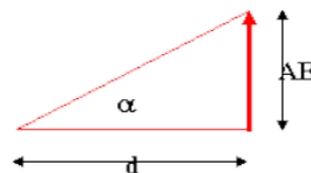
Avec :  $\left\{ \begin{array}{l} \alpha' : \text{angle sous lequel on voit l'objet à travers l'instrument} \\ \overline{AB} : \text{dimension linéaire de l'objet} \end{array} \right.$

La puissance dépend des conditions de vision. Si l'œil regarde à l'infini, la puissance prend le nom de puissance intrinsèque ou vergence.

$$P_i = \frac{1}{f'}$$

Le grossissement :  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$  (sans dimension)

$\left\{ \begin{array}{l} \alpha : \text{angle dont l'objet est vu a l'oeil nu} \\ \alpha' : \text{angle dont l'objet est vu à travers l'instrument} \end{array} \right.$



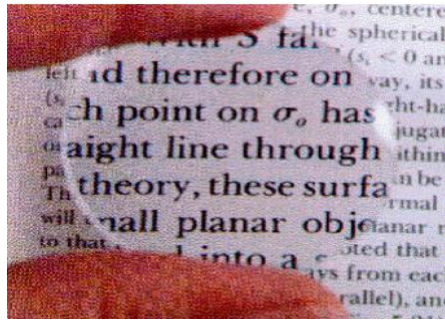
$$G = \alpha'/\alpha$$

- Les appareils projectifs : Ils donnent d'un objet réel ou virtuel, une image réelle que l'on recueille sur un écran. Par exemple l'œil,

- Les appareils oculaires : Ils donnent une image virtuelle que l'on observe à l'œil. Par exemple la loupe, le microscope, la lunette astronomique, le télescope.

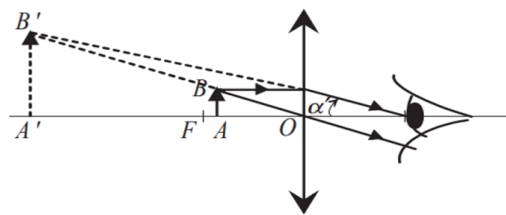
### La loupe :

La loupe est un instrument qui permet d'observer un objet sous un plus grand angle (en formant une image plus grande).



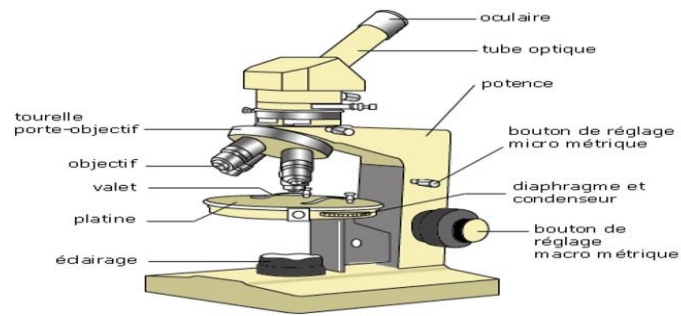
La loupe est une lentille convergente de faible distance focale (quelques cm).

On place l'objet AB entre le plan focal objet et la lentille, de façon à en former une image virtuelle droite A'B', agrandie et située entre le PP et le PR de l'œil nu.



Principe de la loupe

### Le microscope :

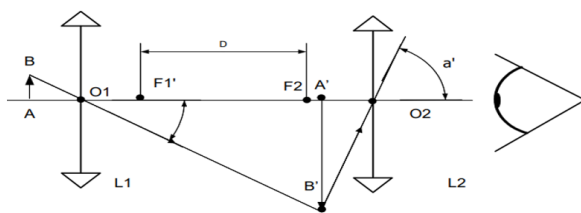


Le microscope optique

Le microscope est constitué de l'association de deux lentilles convergentes, L1 et L2.

La première étant appelée l'objectif, placé près de l'objet, possède un faible diamètre d'ouverture et une grande ouverture angulaire. Il donne de l'objet une image réelle très agrandie, renversée.

La dernière l'oculaire, derrière lequel se place l'œil. Il joue le rôle de loupe dans l'observation de l'image objective. L'image définitive sera donc virtuelle, renversée par rapport à l'objet. L'objectif et l'oculaire sont maintenus, à l'aide d'un support, à distance constante l'un de l'autre.



Principe de microscope

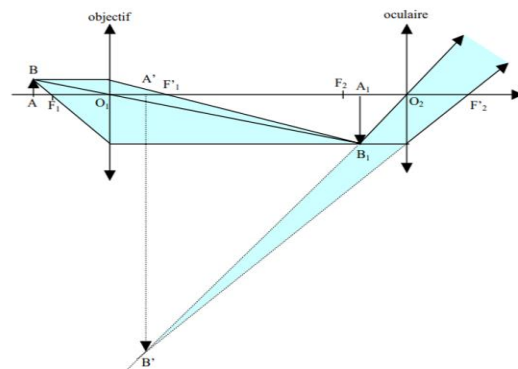
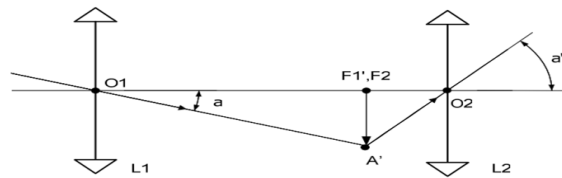


Image virtuelle, renversée et plus grande que son objet à travers le microscope

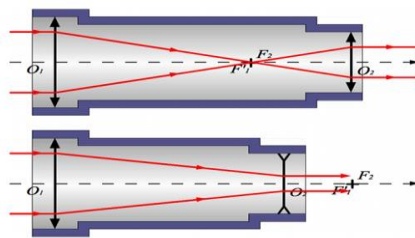
### Lunette astronomique :

La lunette astronomique utilise la réfraction, d'où son autre nom de réfracteur qui nous permet d'observer les détails des objets situés à l'infini. Elle

est construite de manière à maximiser d'une part le grossissement de manière à voir les détails des objets (typiquement des planètes) et d'autre part la clarté de l'instrument (autrement dit l'ouverture de l'objectif)



Principe de lunette astronomique



Schémas simplifiés de lunette astronomique

## Le télescope :

C'est un instrument analogue à la lunette astronomique utilise la réflexion, d'où son autre nom de réflecteur, servant à observer les astres, mais dans lequel les constituants de l'objectif ne sont plus des lentilles mais des miroirs, le miroir principal est concave et le miroir secondaire pouvant être plan, convexe ou concave.

Les objets observés sont en général lointains (donc placés à l'infini) : lorsque la surface du télescope est parfaitement régulière (surface sphérique, parabolique ...etc.), l'observation des objets lointains s'effectue alors dans les conditions de stigmatisme. La seconde qualité d'un télescope réside donc dans la régularité de sa surface.

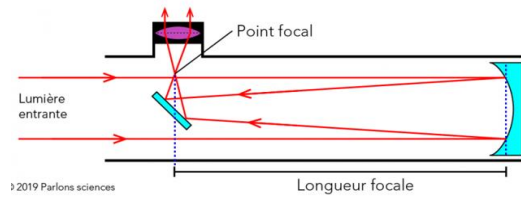


Schéma simplifié d'un télescope