

# Optique

## Systèmes centrés dans l'approximation de Gauss : lentilles minces

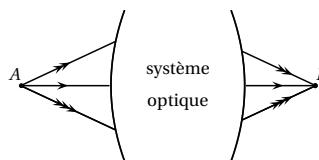
On ne considère que des **systèmes centrés**, admettant un axe de symétrie de révolution appelé **axe optique**.

### 1. Formation d'image : stigmatisme

#### 1) Stigmatisme rigoureux

Soient deux points  $A$  et  $B$ , tels que tout rayon entrant dans le système optique et dont le support passe par  $A$  donne un rayon sortant du système optique, ayant un support passant par  $B$ . On dit alors que :

- $B$  est l'**image** de  $A$  par le système optique ;
- les points  $A$  et  $B$  sont **conjugués** par le système optique ;
- le système optique est **rigoureusement stigmatique** pour les points  $A$  et  $B$ .



- Le seul système optique rigoureusement stigmatique pour tous les points de l'espace est le miroir plan.

L'image  $B$  d'un point  $A$  par un miroir plan est le symétrique de  $A$  par rapport au plan du miroir.

#### 2) Stigmatisme approché : conditions de Gauss

Les systèmes optiques centrés ne sont pas rigoureusement stigmatiques : tous les rayons issus d'un point  $A$  ne convergent pas en un même point  $B$  à la sortie du système ; on ne peut former d'image nette.

Dans les conditions de Gauss, on ne considère que les rayons **paraxiaux**, c'est-à-dire :

- qui font un angle faible avec l'axe optique ;
- qui traversent le système optique au voisinage de l'axe optique.

- Les rayons paraxiaux issus d'un point  $A$  ressortent du système en convergeant en un même point  $B$  ; on réalise alors un **stigmatisme approché**.
- Travailler avec un système centré dans les conditions de Gauss permet de **former des images nettes**.

Par la suite, on se placera systématiquement dans les conditions de Gauss.

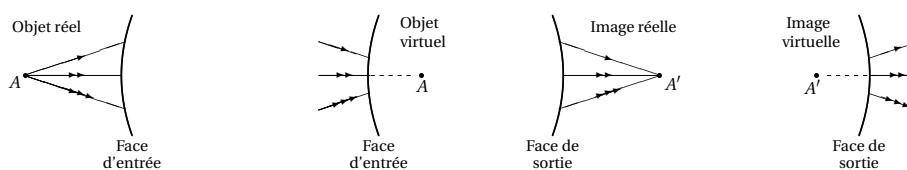
#### 3) Image, objet, foyers

**Objet réel** : situé avant la face d'entrée du système.

**Objet virtuel** : situé après la face d'entrée du système.

**Image réelle** : située après la face de sortie du système.

**Image virtuelle** : située avant la face de sortie du système.



Un objet (ou une image) ponctuel à l'infini, sur l'axe optique correspond à un faisceau de rayons parallèles entre eux, et parallèles à l'axe optique.

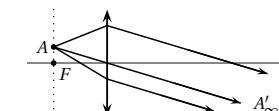
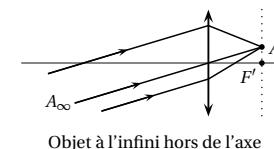
Un objet (ou une image) ponctuel à l'infini, hors de l'axe optique correspond à un faisceau de rayons parallèles entre eux, inclinés par rapport à l'axe optique.

Le foyer image  $F'$  est le point conjugué d'un objet ponctuel à l'infini, sur l'axe optique.  
Le foyer objet  $F$  est le point conjugué d'une image ponctuelle à l'infini, sur l'axe optique.

- Les foyers  $F$  et  $F'$  sont sur l'axe optique.
- Les foyers  $F$  et  $F'$  ne sont pas conjugués entre eux !

Le plan focal image est le plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par  $F'$ .  
Le plan focal objet est le plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par  $F$ .

- Le point conjugué d'un objet ponctuel à l'infini hors de l'axe optique est situé dans le plan focal image.
- Le point conjugué d'une image ponctuelle à l'infini hors de l'axe optique est situé dans le plan focal objet.



Un système dont les foyers sont à l'infini est dit **afocal**.

### 2. Lentilles sphériques minces

Une lentille sphérique mince est constituée de deux dioptrès sphériques coaxiaux, de rayons de courbures (algébriques)  $R_1$  et  $R_2$ , dont la distance  $e$  entre les sommets  $S_1$  et  $S_2$  est telle que

$$e \ll |R_1| ; \quad e \ll |R_2| \quad \text{et} \quad e \ll |R_1 - R_2|$$

On peut alors confondre les sommets des deux dioptrès avec le **centre**  $O$  de la lentille :

$$S_1 \approx S_2 \approx O$$

- Le centre  $O$  correspond à l'intersection entre la lentille et l'axe optique.

Les **distances focales** sont les grandeurs algébriques :

$$\text{distance focale objet : } f = \overline{OF}$$

$$\text{distance focale image : } f' = \overline{OF'}$$

- On a  $f' = -f$ .

- Pour une lentille convergente  $f' > 0$ .

- Pour une lentille divergente  $f' < 0$ .

#### Formules de conjugaison

Soit un point objet  $A$  sur l'axe optique et son image  $A'$  par une lentille sphérique mince de distance focale image  $f'$ .

- Le point  $A'$  conjugué de  $A$  par la lentille est situé sur l'axe optique.
- Les positions de deux points conjugués sont reliées par une **formule de conjugaison**.

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} \quad \text{formule de Descartes (avec origine au centre)}$$

$$\overline{F'A'} \cdot \overline{FA} = ff' = -f'^2 \quad \text{formule de Newton (avec origine aux foyers)}$$

## Formules de grandissement

Soit  $AB$  un objet perpendiculaire à l'axe optique. Son image  $A'B'$  par une lentille mince est aussi perpendiculaire à l'axe optique.

Le grandissement est la grandeur algébrique

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

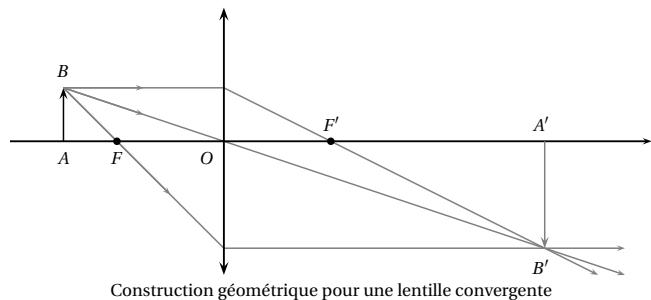
Le grandissement peut être déterminé à partir des positions de l'objet et de l'image sur l'axe optique :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad (\text{avec origine au centre})$$

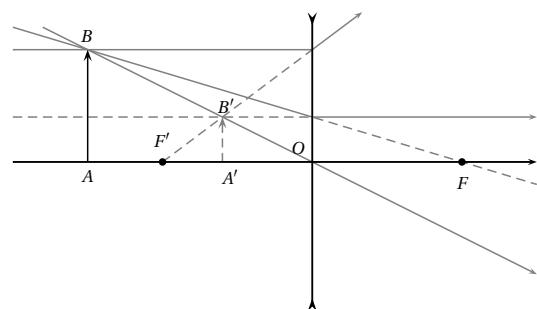
$$\gamma = -\frac{f}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{\overline{f'}} \quad (\text{avec origine aux foyers})$$

## Construction des rayons

1. Un rayon passant par le centre optique  $O$  n'est pas dévié.
2. Un rayon incident parallèle à l'axe optique ressort en passant par le foyer image  $F'$ .
3. Un rayon issu du foyer objet  $F$  ressort parallèle à l'axe optique.



Construction géométrique pour une lentille convergente



Construction géométrique pour une lentille divergente