

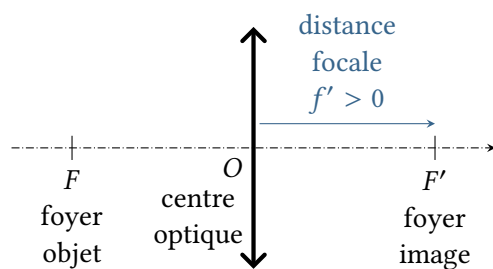
# Lentilles

## I - Introduction à l'optique géométrique

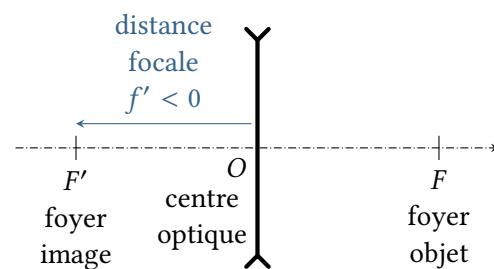
- **Propriétés des rayons lumineux :**
  - ▷ propagation rectiligne dans un milieu homogène, déviation par réfraction aux changements de milieux;
  - ▷ indépendance les uns des autres;
  - ▷ principe du retour inverse de la lumière : les rayons suivent les mêmes trajets quel que soit le sens de propagation;
  - ▷ *limitation* : diffraction et interférences sont des phénomènes purement ondulatoires.
- **Nature des images optiques :** le cerveau interprète comme si la lumière se propageait toujours en ligne droite.
  - ▷ image réelle : les rayons sortant du système s'y coupent réellement, on peut l'observer sur un écran;
  - ▷ image virtuelle : les prolongements rectilignes des rayons s'y coupent, mais pas les rayons eux-mêmes, on ne peut jamais l'observer sur un écran  $\leadsto$  « illusion d'optique ».
- **Stigmatisme et aplanétisme :**
  - ▷ stigmatisme : l'image d'un point est un point ( $\neq$  une tâche);
  - ▷ aplanétisme : l'image d'un objet perpendiculaire à l'axe optique est perpendiculaire à l'axe optique;
  - ▷ stigmatisme et aplanétisme approchés suffisent à cause de la résolution imparfaite des capteurs (une petite tâche est vue comme un point).
- **Conditions de Gauss** = conditions du stigmatisme et aplanétisme approchés  
 $\leadsto$  rayons paraxiaux = proches de l'axe optique et peu inclinés.

## II - Formation d'images par une lentille

- **Points particuliers :** les foyers sont inversés pour les deux types de lentilles.

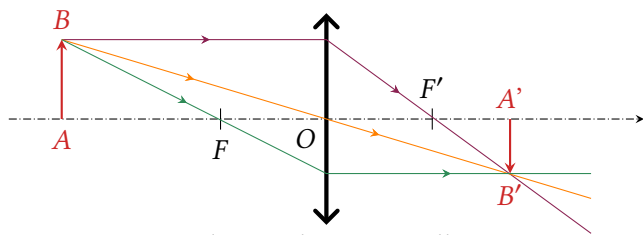


Lentille convergente

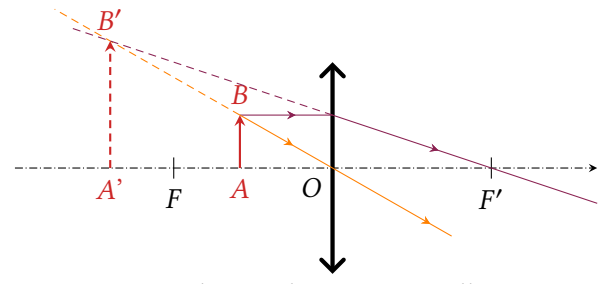


Lentille divergente

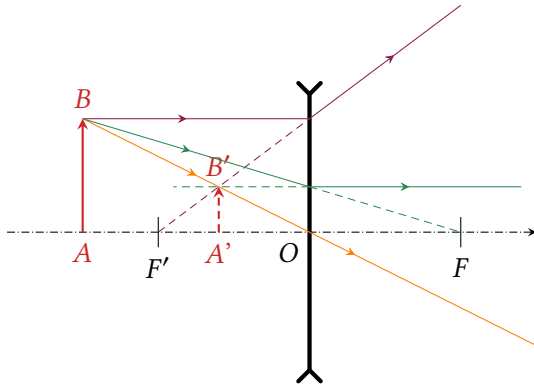
- **Vergence :**  $V = 1/f'$ , s'exprime en dioptries ( $1 \text{ d} = 1 \text{ m}^{-1}$ ).
- **Rayons particuliers et construction d'images :**
  - ▷ Un **rayon incident passant par le centre optique O** n'est pas dévié;
  - ▷ Un **rayon incident parallèle à l'axe optique** émerge en passant par le foyer image;
  - ▷ Un **rayon incident passant par le foyer objet F** émerge parallèlement à l'axe optique.
  - ▷ Deux rayons incidents parallèles se coupent dans le plan focal image  $\leadsto$  lieu des images des objets situés à l'infini;
  - ▷ Deux rayons qui se coupent dans le plan focal objet ressortent parallèles  $\leadsto$  un objet dans le plan focal objet a son image à l'infini.



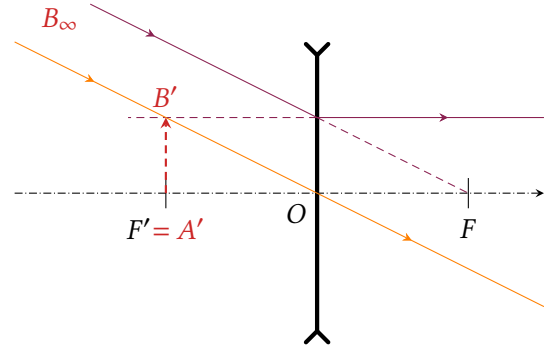
Objet réel, image réelle



Objet réel, image virtuelle



Objet réel, image virtuelle



Objet à l'infini, image virtuelle

### III - Relations de conjugaison et de grandissement

- **Grandissement** :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \sim \gamma \geq 0$  : image droite ou renversée ;  $|\gamma| \geq 1$  : image agrandie ou réduite.

- **Relations de grandissement** :  $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -\frac{f}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}$

*Démonstration* : exprimer la tangente des angles entre les rayons et l'axe optique, en étant vigilant aux signes des angles et des longueurs algébriques.

- **Relations de conjugaison** :

- avec origine aux foyers = de Newton :  $\overline{FA} \overline{F'A'} = -f'^2$  ;
- avec origine au centre = de Descartes :  $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$

- **Former une image sur un écran à distance fixe** : nécessite une lentille de focale  $f' \leq D/4$ .

*Démonstration* : transformer la relation de conjugaison en une équation polynômiale sur la position de la lentille, et analyser grâce au discriminant les conditions d'existence de solutions.

### IV - Œil et vision

- **Modélisation** :

- cristallin = lentille de focale variable ;
- rétine = capteur à distance fixe du cristallin ;
- accommodation en modifiant la focale du cristallin.

- **Champ visuel** : portion de l'espace visible ( $3^\circ$  vision précise, mais  $120^\circ$  perception du mouvement).

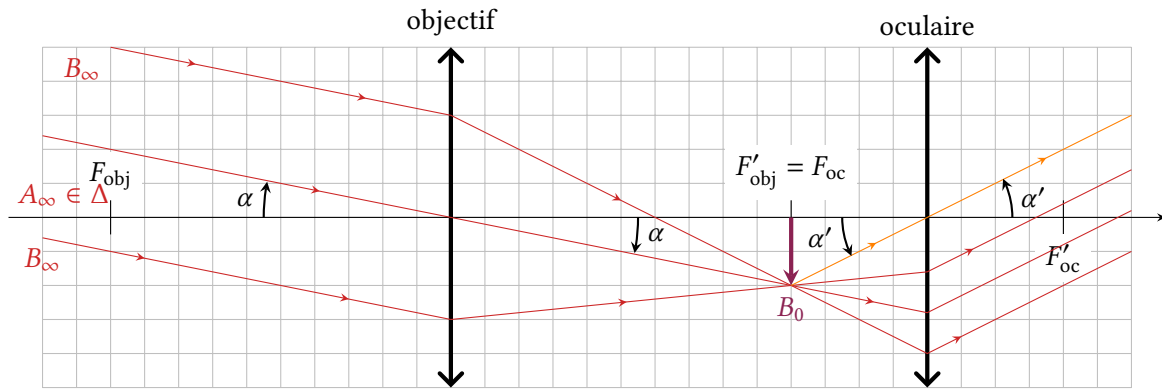
- **Pouvoir séparateur** : angle minimal entre deux rayons que l'on peut distinguer (typiquement  $1' = 1^\circ/60$ ).

- **Plage d'accommodation** :

- Ponctum remotum = point le plus éloigné nettement visible, à l'infini pour un œil emmétrope + lieu d'observation sans accommodation = sans fatigue ;
- Ponctum proximum = point le plus proche nettement visible, 20-25 cm devant un œil emmétrope.

- **Hauteur apparente d'un objet** (diamètre apparent, etc.) : angle formé par les rayons issus de ses extrémités.

## V - Lunette astronomique



- **Instrument subjectif** = pour l'observation à l'œil  $\Rightarrow$  image finale à l'infini.
- **Instrument afocal** : objet à l'infini  $\mapsto$  image à l'infini.
  - conséquence : image intermédiaire  $A_0 B_0$  à la fois dans le plan focal image de l'objectif et dans le plan focal objet de l'oculaire ;
  - distance  $f'_1 + f'_2$  entre lentilles.
- **Approximation des petits angles** : pour  $|\theta| \ll 1$  exprimé en radians,
 
$$\sin \theta \simeq \theta \quad \tan \theta \simeq \theta \quad \cos \theta \simeq 1$$
- **Grossissement** :  $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{f'_{\text{obj}}}{f'_{\text{oc}}}$  (démonstration : tangentes exprimées avec l'image intermédiaire)

## VI - Appareil photo

- **Modélisation** :
    - Objectif : lentille déplaçable de focale  $f'$  constante + diaphragme de diamètre  $D$  réglable  $\leadsto$  nombre d'ouverture  $N = f'/D$  ;
    - Capteur : ensemble de pixels, détail minimal discernable = cercle de confusion  $\simeq$  taille d'un pixel ;
    - Mise au point en déplaçant l'objectif par rapport au capteur ;
    - Temps de pose = durée pendant laquelle le capteur reçoit de la lumière.
  - **Champ** = zone de l'espace visible sur la photo, directement liée au grandissement.
    - $\leadsto$  grande focale = grandissement augmenté = champ réduit.
- Démonstration :  $|\gamma| = f'/|\overline{FA}|$  avec  $\overline{FA} \simeq \text{cte}$ .
- **Exposition** = luminosité de la photo.
    - $\leadsto$  temps de pose élevé et/ou diaphragme ouvert = photo plus exposée.
  - **Profondeur de champ** = distance séparant le point le plus proche et le plus éloigné qui apparaissent nets  $\iff$  taille de la tâche sur le capteur inférieure au cercle de confusion.
    - $\leadsto$  diaphragme fermé = profondeur de champ augmentée.

