

Essentiels de MPSI

Optique géométrique

Le cadre de l'optique géométrique consiste à supposer que :

- La longueur d'onde est toujours très faible devant la taille des objets
- Les milieux sont supposés homogènes et isotropes

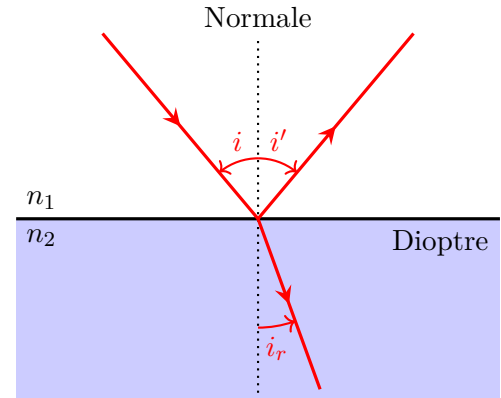
Dans ce cas, les rayons lumineux sont indépendants et rectilignes.

1 - Lois de Snell-Descartes

Un rayon incident sur un dioptre va à priori donner naissance à deux rayons : un rayon réfléchi et un rayon réfracté. Les lois de Snell-Descartes assurent que :

- Les rayons réfléchi et réfracté se trouvent dans le plan d'incidence défini par le rayon incident et la normale au dioptre
- Les angles réfléchi i' et réfracté i_r vérifient :

$$\boxed{i' = -i} \quad \text{et} \quad \boxed{n_1 \sin i = n_2 \sin i_r}$$



Remarques :

- ① Les angles sont orientés **de la normale vers le rayon**.
- ② Si $n_2 < n_1$ (milieu 2 moins réfringent) il peut y avoir un phénomène de réflexion totale si $i_1 > \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$.

2 - Système optique

Définitions :

- Le point où se rencontrent les rayons incidents est appelé objet. Si cet objet est situé avant la face d'entrée du système, il est réel. Sinon, il est virtuel.
- Le point où se rencontrent les rayons émergents est appelé image. Si cette image est située après la face de sortie du système, elle est réelle. Sinon, elle est virtuelle.
- Si A' est l'image de A par un système S , on dit que A et A' sont conjugués par le système et on note : $A' \xrightarrow{S} A'$.
- Si A est un objet ponctuel et que son image A' par le système est aussi ponctuelle, on dit que le système est stigmatique
- Si AB est un objet perpendiculaire à l'axe optique et que son image $A'B'$ est aussi perpendiculaire à l'axe optique, on dit que le système est aplanétique.
- Un système est utilisé dans les conditions de Gauss si tous les rayons incidents sont paraxiaux (peu inclinés et proches de l'axe optique).
- Tout système centré utilisé dans les **conditions de Gauss** peut être considéré comme stigmatique et aplanétique : on parle de stigmatisme et d'aplanétisme approché.

Remarques :

- ① \triangle l'axe optique et toutes les distances sont orientées.
- ② Une image (réelle ou virtuelle) est toujours visible par notre œil mais une image virtuelle ne peut pas être projetée sur un écran.
- ③ Un objet réel est un « vrai » objet, que l'on peut toucher alors qu'un objet virtuel n'est que l'intersection des rayons incidents.

3 - Foyers d'un système

- On appelle foyer image principal F' l'image d'un point objet situé à l'infini sur l'axe optique. Tous les rayons incidents parallèles à l'axe optique donnent des rayons émergents passant par F' .
- On appelle foyer image secondaire l'image d'un point objet situé à l'infini et hors de l'axe optique. L'ensemble des foyers images secondaires forme le plan focal image.
- On appelle foyer objet principal F le point objet qui donne une image située à l'infini sur l'axe optique. Tous les rayons émergents parallèles à l'axe optique sont issus de F .
- On appelle foyer objet secondaire un point objet qui donne une image située à l'infini et hors de l'axe optique. L'ensemble des foyers objets secondaires forme le plan focal objet.

Remarques :

- ① $\triangle F$ et F' ne sont **pas** conjugués par le système \triangle
- ② Un système est afocal si il transforme un faisceau de rayons lumineux incidents parallèles en un faisceau de rayons émergents parallèles (ses foyers sont renvoyés à l'infini).

4 - Lentilles minces

★ Une lentille est caractérisée par :

- Sa distance focale image $f' = \overline{OF'}$ ($f' > 0$ pour une lentille **convergente** et $f' < 0$ pour une lentille **divergente**).
- Sa distance focale objet $f = \overline{OF}$ ($f < 0$ pour une lentille **convergente** et $f > 0$ pour une lentille **divergente**).
- Sa vergence $V = \frac{1}{f'}$ qui s'exprime en dioptries δ (équivalent à des m^{-1}).

Remarque : Les points F et F' sont symétriques par rapport au centre O de la lentille donc $f + f' = 0$.

★ Constructions géométriques : Pour obtenir l'image A' d'un objet A , on utilise ces différentes règles :

- Un rayon incident issu de A et passant par O n'est pas dévié et passe par A'
- Un rayon incident issu de A et passant par F donne un rayon émergent parallèle à l'axe optique passant par A'
- Un rayon incident issu de A et parallèle à l'axe optique donne un rayon émergent passant par F' et A'

★ Relations de conjugaison

$$\text{Descartes : } \boxed{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}} \implies \overline{OA'} = \frac{f' \cdot \overline{OA}}{f' + \overline{OA}}$$

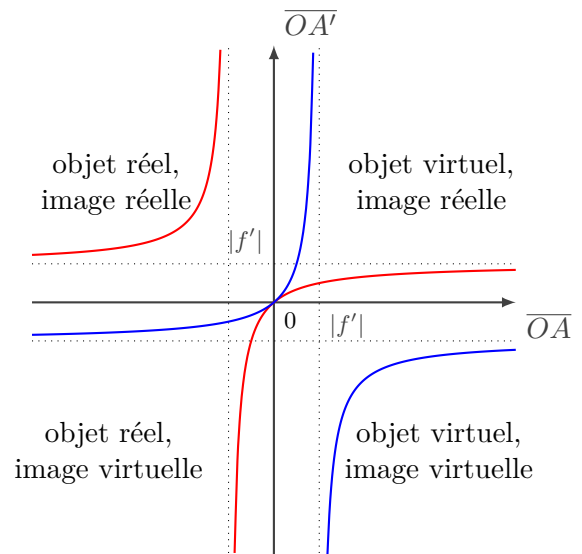
(cf ci-contre, pour lentilles **convergentes** ou **divergentes**).

$$\text{Newton : } \boxed{\overline{FA} \cdot \overline{FA'} = -f^2 = -f'^2}$$

Le grandissement est donné par : $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$.

Remarques :

- ① Si $\gamma > 0$, l'image est droite. Si $|\gamma| > 1$, l'image est agrandie.
- ② Condition de projection : $D = \overline{AA'} \geq 4f'$.



5 - Modèle de l'œil

★ On modélise un œil par l'association de :

- un diaphragme de diamètre variable (la pupille)
- une lentille convergente de focale variable (le cristallin)
- un écran à distance fixe ($\simeq 15$ cm de la lentille (la rétine))

★ **Caractéristiques de l'œil emmétrope :**

- limite de résolution angulaire d'environ une minute d'arc ($\simeq 3 \times 10^{-4}$ rad).
- plage d'accommodation entre le punctum proximum ($PP = 25$ cm) et le punctum remotum ($PR = +\infty$).

6 - Instruments d'optique

★ On les classe en deux catégories :

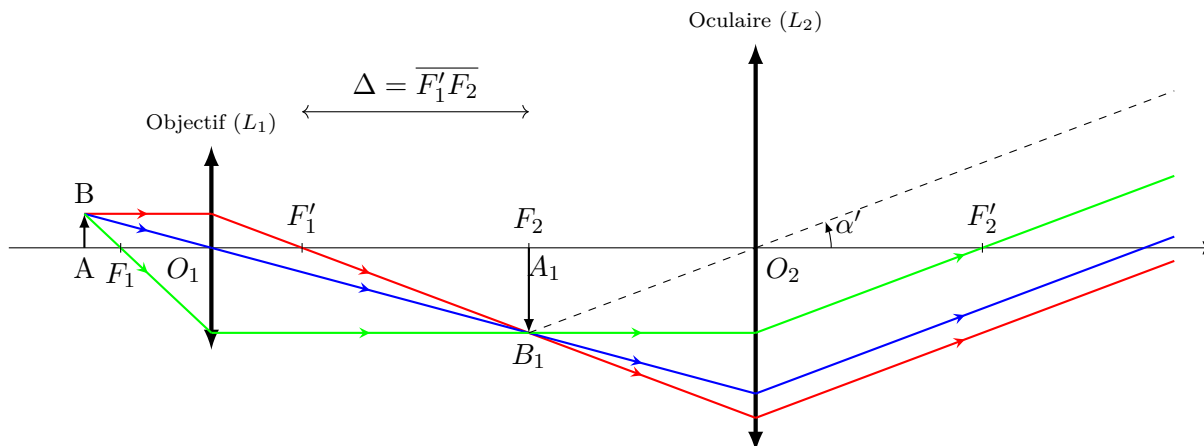
- les instruments de projection (qui forment des images réelles que l'on projette sur un écran) : rétroprojecteur, appareil photo, ...
- les instruments oculaires (qui forment des images à l'infini que l'on observe avec notre œil) : microscope, télescope, lunettes...

★ Ces instruments sont caractérisés par leur grandissement : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ s'il est possible de déterminer la taille de l'objet et de l'image. Dans le cas contraire, on utilise le grossissement : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ (rapport entre les angles apparents de l'image et de l'objet).

Remarque : Lorsque l'objet \overline{AB} est à distance finie, on utilise par convention $\alpha \simeq \frac{\overline{AB}}{PP}$ (angle maximal sous lequel peut être vu net cet objet par un œil emmétrope).

★ **Les lunettes** sont des instruments afocaux constitués de deux lentilles : un objectif L_1 (convergent) de grande focale f'_1 et un oculaire L_2 (convergent ou divergent) de courte focale f'_2 . On a toujours $G = -\frac{f'_1}{f'_2}$.

★ **Les microscopes** sont des instruments constitués de deux lentilles : un objectif L_1 (convergent) de très courte focale f'_1 et un oculaire L_2 (convergent) de courte focale f'_2 .



La mise au point s'effectue pour : $\overline{F_1 A} = -\frac{f_1'^2}{\Delta}$.

Le grossissement du microscope s'écrit comme le produit du grossissement de l'oculaire par le grandissement de l'objectif :

$$G = \gamma_{obj} \cdot G_{oc} = \frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{AB}} \cdot \frac{PP}{f'_2} = -\frac{\Delta}{f'_1} \cdot \frac{PP}{f'_2}$$