Principaux systèmes centrés dans l'approximation de Gauss

Définition : Miroir sphérique
Un *miroir sphérique* est une portion d'hémisphère dont une face est réflechissante. Il réalise un système optique centré dont l'axe, noté Δ est son axe de symétrie de révolution. Il est caractérisé par :

- son ***rayon***, noté R, égal au rayon de l'hémisphère dont il est issu,
- son ***centre***, noté C, centre de l'hémisphère dont il est issu,
- son ***sommet***, noté S, intersection de l'hémisphère avec l'axe optique Δ.

Il est dit :

concave si la face réfléchissante utilisée est celle située du côté du centre,

convexe si la face réfléchissante utilisée est celle opposée au centre.

Définition : Foyer image
On nomme *foyer image*, noté F', d'un système optique centré quelconque ***le point de convergence*** d'un faisceau collimaté incident ***parallèle à l'axe optique*** Δ. C'est l'***image d'un objet réel situé à l'infini*** sur l'axe optique. Le *plan focal image* est le plan perpendiculaire à Δ passant par F'.

Définition : Foyer objet
On nomme *foyer objet*, noté F, le point dont est issu ***un faisceau collimaté émergeant parallèlement à l'axe optique*** Δ. Son image est située ***à l'infini*** sur l'axe optique. Le *plan focal objet* est le plan perpendiculaire à Δ passant par F.

Définition : Foyers secondaires et plan focal.
Soit α un angle orienté. On nomme *foyer image (resp. objet) secondaire*, noté F'_α (resp. noté F_α), associé à l'***incidence*** α le point du plan focal image (resp. objet) où se focalise un faisceau collimaté ***incliné de l'angle*** α sur l'axe optique (resp. le point d'où est issu un faisceau émergent collimaté et incliné de l'angle α sur l'axe optique).

Positions des foyers secondaires d'un miroir sphérique
Pour un miroir sphérique, la distance à l'axe optique du foyer secondaire associé à l'incidence α à son foyer est donnée, à l'approximation de Gauss, par $F'F'_\alpha = |\alpha f'|$.

Reconnaissance des lentilles

- Les lentilles ***à bords minces*** (biconvexe, plan convexe, ménisque convergent) sont convergentes quand elles sont placées dans un milieu ***moins réfringent***.
- Les lentilles ***à bords épais*** (biconcave, plan concave et ménisque divergent) sont divergentes quand elles sont placées dans un milieu ***moins réfringent***.

Définition : lentille mince
Une lentille est dite *mince* si son épaisseur est faible. Les dioptres la constituant sont alors considérés accolés et un rayon la traversant subit ***seulement un changement de direction*** sans que sa position ne change.

Définition : Centre optique et distance focale
Le *centre optique*, noté O, d'une lentille mince est l'intersection du plan de la lentille avec son axe optique.

La distance focale image, notée f' (resp. objet, notée f), d'une lentille mince de foyer image F' (resp. de foyer objet F) est la mesure algébrique $\overline{OF'}$ (resp. $\overline{OF}$).

Foyers et vergence d'une lentille mince
Les foyers objet et image d'une lentille mince sontsymétriques par rapport à son centre optique. Ils sont ***réels*** (resp. virtuels) pour une lentille ***convergente*** (resp. divergente). La vergence V, définie par $V = \frac{1}{f'}$ est alors positive (resp. négative).

Objet à distance finie
Pour A sur Δ, on introduit B ***hors de l'axe***, dans le même plan orthogonal à Δ que A. On sait tracer la marche de 3 ***rayons particuliers passant par*** B :

- le rayon parallèle à Δ : ***émerge en passant par*** F'
- le rayon passant par F : ***émerge parallèle à*** Δ
- le rayon passant par O : ***émerge en passant par*** O

Centre optique
Un rayon passant par le centre optique d'une lentille mince n'est pas dévié.

Objet à l'infini hors de l'axe, vu sous $\alpha \ll 1$
On sait tracer la marche de 2 ***rayons parallèles*** particuliers d'un faisceau collimaté incliné de α.

- le rayon passant par F : émerge parallèle à Δ
- le rayon passant par O : n'est pas dévié

Foyers secondaires d'une lentille mince
Pour une lentille mince, la distance du foyer image (resp. objet) secondaire F'_α associé à l'incidence α au foyer image (resp. objet) F' est donnée, à l'approximation de Gauss, par $F'F'_\alpha = |\alpha f'|$ (resp. $FF_\alpha = |\alpha f'|$).

Marche d'un rayon quelconque
On détermine la marche :

- d'un rayon quelconque ***tombant*** sur le miroir avec l'incidence α non nulle en le faisant passer par le ***foyer image secondaire*** associé à l'incidence α,
- d'un rayon quelconque ***émergeant*** avec l'incidence α non nulle en le faisant provenir du ***foyer objet secondaire*** associé à l'incidence α.

Relations de Newton
Soient A un point de l'axe Δ et A' son image sur Δ :

- leurs positions sont reliées par la *relation de conjugaison* de Newton :
$$\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2.$$
- le grandissement transversal γ_t entre les plans $\mathcal{P}_A$ et $\mathcal{P}'_{A'}$ s'exprime selon :
$$\gamma_t = -\frac{f}{\overline{FA}} = \frac{f'}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}.$$

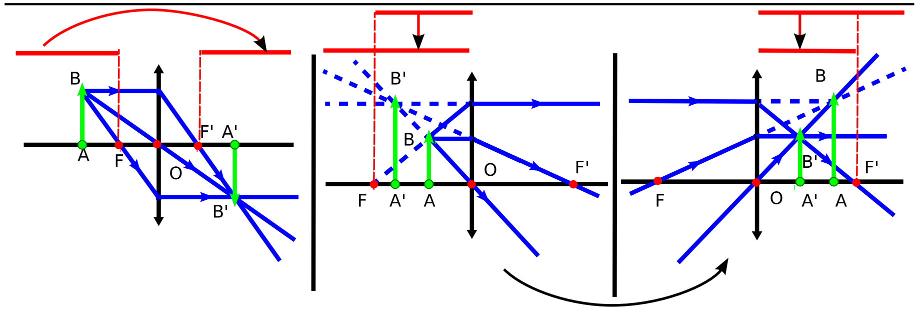
Relations de Descartes
Soient A un point de l'axe optique Δ et A' son image sur Δ.

- Leurs positions sont reliées par la *relation de conjugaison* de Descartes :
$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}.$$
- Le grandissement transversal γ_t entre les plans $\mathcal{P}_A$ et $\mathcal{P}'_{A'}$ s'exprime selon :
$$\gamma_t = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}.$$

		miroir $f=f'$	lentille $f=-f'$
Newton	conjugaison	$\overline{FA}\cdot\overline{F'A'}=f.f'=f'^2$	$\overline{FA}\cdot\overline{F'A'}=f.f'=-f'^2$
	grandissement	$\gamma_t=-\frac{f}{\overline{FA}}(=-\frac{f'}{\overline{FA}})=-\frac{\overline{F'A'}}{f'}$	$\gamma_t=-\frac{f}{\overline{FA}}(=\frac{f'}{\overline{FA}})=-\frac{\overline{F'A'}}{f'}$
Descartes	conjugaison	$\frac{1}{\overline{SA'}}+\frac{1}{\overline{SA}}=\frac{1}{f'}$	$\frac{1}{\overline{OA'}}-\frac{1}{\overline{OA}}=\frac{1}{f'}$
	grandissement	$\gamma_t=-\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$	$\gamma_t=\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

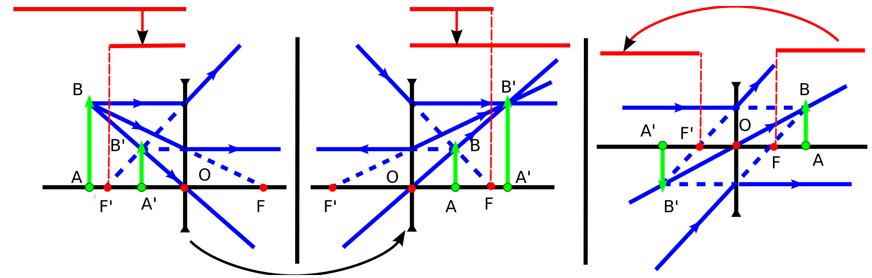
Lentille mince convergente

	objet		image	grandissement
réel	$\overline{FA}<0$	réelle	$\overline{F'A'}>0$	$\gamma_t<0$
réel	$\begin{cases}-f'<\overline{OA}<0\\ \to 0<\overline{FA}<f'\end{cases}$	virtuelle	$\begin{cases}\overline{F'A'}<-f'\\ \to \overline{OA'}<0\end{cases}$	$\gamma_t>1$
virtuel	$\begin{cases}\overline{FA}>f'\\ \to \overline{OA}>0\end{cases}$	réelle	$\begin{cases}-f'<\overline{F'A'}<0\\ \to 0<\overline{OA'}<f'\end{cases}$	$0<\gamma_t<1$



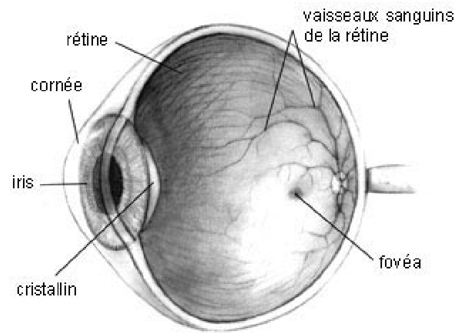
Lentille mince divergente

	objet		image	grandissement
réel	$\begin{cases}\overline{OA}<0\\ \to \overline{FA}<-\lvert f'\rvert\end{cases}$	virtuelle	$0<\overline{F'A'}<\lvert f'\rvert$	$0<\gamma_t<1$
virtuel	$\begin{cases}0<\overline{OA}<\lvert f'\rvert\\ -\lvert f'\rvert<\overline{FA}<0\end{cases}$	réelle	$\begin{cases}\overline{F'A'}>\lvert f'\rvert\\ \to \overline{OA'}>0\end{cases}$	$\gamma_t>1$
virtuel	$\overline{FA}>0$	virtuelle	$\overline{F'A'}<0$	$\gamma<0$



Définition : Instruments objectif et subjectif
Un instrument est dit *objectif* s'il est utilisé pour former des images réelles à distance finie.

Un instrument est dit *subjectif* s'il est utilisé pour former des images au *punctum remotum* de l'observateur



Définition : accomodation
L'*accommodation* est la modification de la vergence du cristallin par contraction musculaire. Les caractéristiques de ce dernier permettent la vision nette entre deux points :

punctum proximum (P.P.) : le point le plus proche,

punctum remotum (P.R.) : le point le plus éloigné.

- P.R. à l'infini permet la vision à l'infini sans fatigue
- typiquement : $P.P$ à 20 cm

Exercice : Variations de vergence de l'œil

1. Déterminer la distance focale maximale, notée $f'_{\max}$ d'un œil emmétrope. On le modélisera comme une lentille mince projetant des images réelles sur un écran plan (la rétine) situé à $d_r = 2{,}0$ cm.
2. Déterminer la distance focale, notée $f'_{\min}$ de l'œil quand il accommode sur un *punctum proximum* situé à $d_{\min} = 25$ cm.
3. En déduire la variation relative $\frac{f'_{\max}-f'_{\min}}{f'_{\max}}$ de distance focale entre les deux accommodations extrêmes dont on donnera une valeur approximative en fonction de $f'_{\min} \simeq f'_{\max} = f'_0$ et

$d_{\min}$.

Définition : Pouvoir séparateur
On nomme *pouvoir séparateur* β_s la plus petite séparation angulaire distinguable par un instrument d'optique.

Accolement de lentilles minces
Deux lentilles ***minces*** de vergences V_1 et V_2 ***accolées*** réalisent une lentille mince de vergence

$$\begin{cases} V &= V_1 + V_2 \\ \frac{1}{f'} &= \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2} \end{cases}$$

Définition : Système afocal
Un système est dit *afocal* s'il fournit d'un ***objet à l'infini*** une image elle ***aussi à l'infini***.

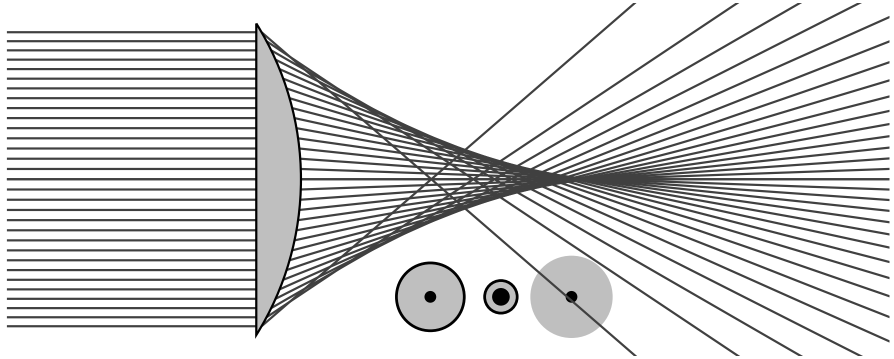
Lunette et télescope
Une lunette astronomique ou un télescope se compose d'un *objectif* et d'un *oculaire* dont les plans focaux image et objet ***coïncident*** en un plan dit *réticulaire* :

- l'objectif forme une image intermédiaire réelle d'un objet à l'infini dans le plan réticulaire.
- l'oculaire forme de cette image intermédiaire une image située au *punctum remotum* de l'observateur.

Définition : Aberrations
Les aberrations d'un système optique réel (non idéal) désignent les ***défauts*** de l'image qu'il donne d'un objet. On distingue :

- les aberrations *chromatiques*, dues à la dispersion du matériau utilisé,
- les aberrations *géométriques*, dues aux écarts aux conditions de Gauss.

Exemple d'aberration géométrique : l'aberration sphérique



Indispensable

- position des foyers miroir / lentille (y compris les foyers secondaires)
- constructions objet distance finie/infinie
- relations de Newton/Descartes avec leur schéma, vérifier la cohérence dans des cas particuliers $A = \infty\,, S\,, C\,, F$
- zones des lentilles à savoir retrouver