Formation des images dans les conditions de Gauss

Table des matières

1 Définitions

1.1 Système optique

Il s'agit d'un ensemble de dioptre (surface réfractante) et de miroir (surface réfléchissante) fournissant une représentation d'un système de points lumineux . Le système optique est dit centré s'il présente un axe de révolution (Δ) définissant l'axe optique du système
On peut distinguer entre :

- Système dioptrique : Système ne comportant que des dioptres
- Système catoptrique : Système ne comportant que des miroirs
- Système catadioptrique : Système comportant des dioptres et des miroirs

1.2 Objet-Image

1.2.1 Objet

C'est un ensemble de rayons lumineux entrant dans le système optique

- Objet primaire : Il emet spontanément la lumière (lampes,étoile...)
- Objet secondaire : Il diffuse la lumière (livre ,tableau...)
- Objet ponctuel : Ses dimensions sont infiniment petites par rapport à la distance d'observation.
- Objet étendu : Cas des dimensions finies (on traite les objets étendues comme un ensemble des objets ponctuels)
- Objet réel : S'il est placé avant la face d'entrée du système optique
- Objet virtuel :S'il n'est pas placé avant la face d'entrée du système optique

1.2.2 Image

C'est l'intersection des rayons lumineux émergeant du système optique

- Image ponctuelle : Ses dimensions sont inférieurs au pouvoir de résolution d'un recepteur optique (oeil : cellules rétiniennes de quelques μm)
- Image étendue : Cas contraire
- Image réelle : S'elle est située après la face de sortie du système optique
- Image virtuelle : S'elle est située avant la face de sortie du système optique

1.2.3 Conjugaison objet-image

Si tout rayon lumineux issu d'un point objet A émerge d'un système optique en passant par un point image A',on dit que A et A' sont conjugués : A' est l'image conjuguée de A par le système optique .

$$A \xrightarrow{\text{système optique}} A'$$

1.3 Stigmatisme - aplanétisme

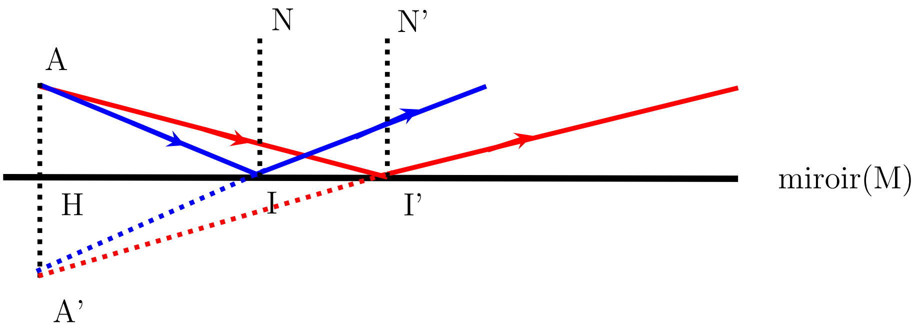
1.3.1 Stigmatisme

$$A \xrightarrow{\text{système optique}} A'$$

Un système optique est rigoureusement stigmatique pour le couple (A, A') si tout rayon incident passant par A se transformant en un rayon émergent passant par A' .

• Exemples

▶ Miroir plan : stigmatisme rigoureux

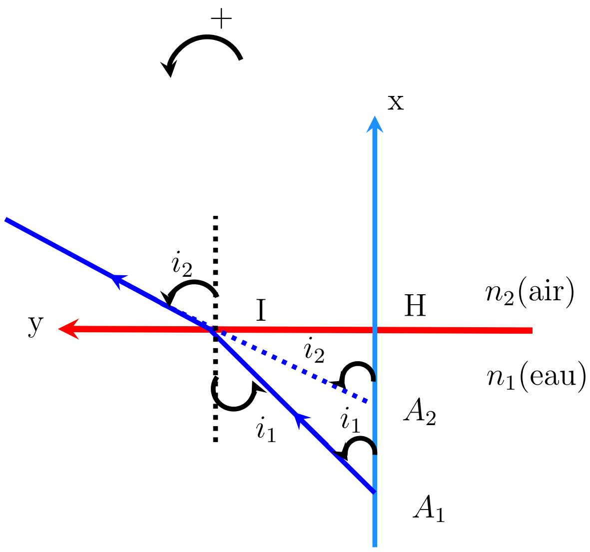


Tout rayon incident passant par A correspond un rayon émergent passant par A' : le miroir présente un stigmatisme rigoureux .

La relation de conjugaison pour un miroir plan

$$\boxed{\overline{HA} + \overline{HA'} = 0}$$

▶ Dioptre plan : stigmatisme approché



• Le rayon A_1H orthogonal à (D)

• Le rayon A_1I incliné de i_1 par rapport à A_1H

• Les rayons réfractées correspondants se coupent au point A_2.

$\tan i_2 = \dfrac{\overline{HI}}{\overline{A_2H}}$ et $\tan i_1 = \dfrac{\overline{HI}}{\overline{A_1H}}$ donc

$$\boxed{\overline{HA_2} = \overline{HA_1}\frac{\tan i_1}{\tan i_2}}$$

• Résultat : La position A_2 dépend de l'inclinaison i_1 du rayon incident A_1I,donc il n'existe pas de stigmatisme rigoureux dans le cas d'un dioptre plan .

• Cas des faibles incidences :

Supposons que les rayons incidents , issus de A_1 soient faiblement inclinés par rapport à la direction A_1H : $\tan i_1 \approx \sin i_1 \approx i_1$ et $\tan i_2 \approx \sin i_2 \approx i_2$

$$\boxed{\frac{\overline{HA_2}}{\overline{HA_1}} \approx \frac{n_2}{n_1}}$$

Tous les rayons réfractés semblent passer par le même point A_2,on dit qu'il ya stigmatisme approché .

• Remarque : L'image observée n'est pas rigoureusement ponctuelle mais de faible dimension au voisinage de A_2 .

1.3.2 Aplanétisme

- Le système optique présente une applanétisme pour un couple de point A et A' de l'axe optique, si tout petit objet AB plan perpendiculaire à l'axe Δ a une image $A'B'$ plan et perpendiculaire à Δ .
- Le système présente un stigmatisme pour le couple de point A et A' et quelque soit le point B du plan orthogonal en A à Δ proche de A,il existe un un point B' du plan orthogonal à Δ en A' telque le système est stigmatique pour B et B' .

  • Exemples :
- Miroir plan est stigmatique et aplanétique,c'est le seul système optique présentant ces deux propriétés de façon rigoureuse .
- Dioptre plan : stigmatisme et aplanétisme approché .

2 Approximation de Gauss

2.1 Approximation de Gauss

Cette approximation consiste à ne prendre en compte que les rayons paraxiaux :

- Les rayons peu inclinés par rapport à l'axe optique l'axe optique : l'angle α du rayon avec l'axe optique est faible .
- Les rayons peu écarté de l'axe optique : la distance entre le point de contact du rayon lumineux avec la surface du système optique et l'axe optique est petite devant la longueur caractéristique de la courbure (rayon de courbure) .
- En pratique : Pour réaliser les conditions de Gauss il suffit d'étuliser un diaphragme à l'entrée qui limite l'inclinaison et la surface de contact avec le système optique .

  • Remarque : Il ne faut pas prendre l'ouverture du diaphragme trop petit à cause du phénomène de diffraction .

2.2 Conclusion sur la formation des images

Les facteurs agissant sur la dimension de l'image d'un objet ponctuel,donnée par un système centré sont :

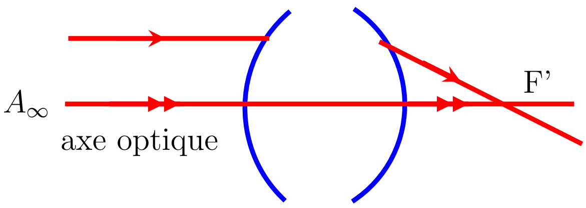
- ▶ Aberrations géométriques,dues au système optique lui même,en absence du stigmatisme rigoureux
- ▶ Structure granulaire du récepteur
- ▶ Nature ondulatoire de la lumière,provoquant des phénomènes de diffraction en cas d'ouverture trop faible .

3 Systèmes centrés focaux

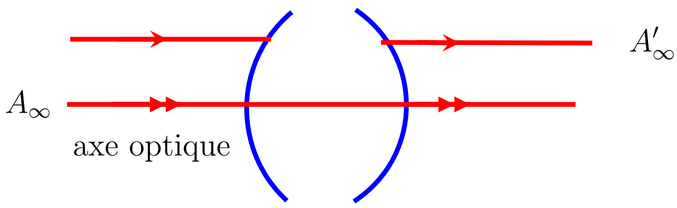
3.1 Foyer principal image-plan focal image

• Foyer image principal F' : c'est l'image d'un poit objet situé à l'infini sur l'axe optique
• Si le foyer principal image F' se situe à une distance finie le système est dit focal, et dans le cas contraire (F' se situe à l'∞) le système est dit afocal .

$$\text{Point objet } A_\infty \xrightarrow[\text{focal}]{\text{système centré}} \text{Foyer image F'}$$



système focal



système afocal

• Remarque : F' pourra être réel où virtuel .
• Exemples :

- ▶ Le miroir plan et le dioptre plan sont des systèmes afocaux .
  - • miroir plan : $\overline{HA} + \overline{HA'} = 0$ si A_∞ alors A'_∞
  - • dioptre plan : $\dfrac{\overline{HA}}{n_1} = \dfrac{\overline{HA'}}{n_2}$ si A_∞ alors A_∞
- ▶ Les miroirs sphériques,les lentilles sont des système focaux.

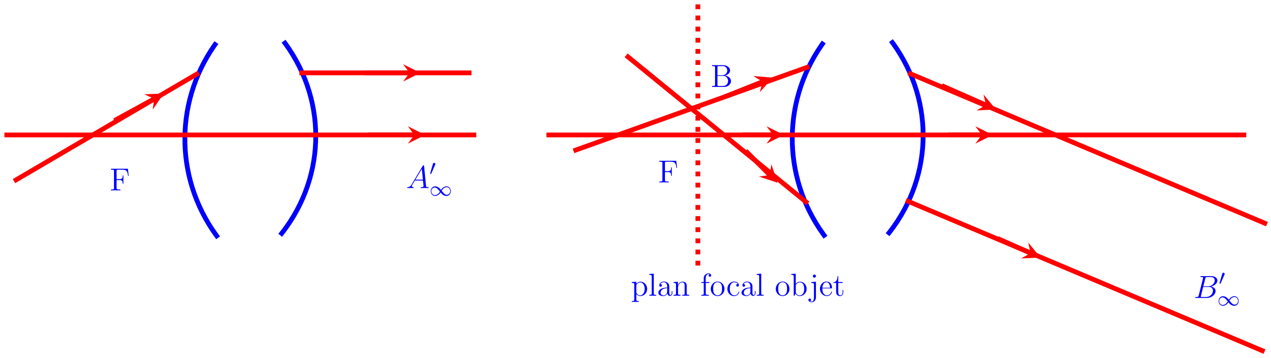
• Plan focal image : il s'agit d'un plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par le foyer principal image .

3.2 Foyer principal objet - plan focal objet

• Foyer principal objet F : C'est le point de l'axe optique dont l'image est à l'infini sur l'axe optique .

$$\text{Foyer objet F} \xrightarrow[\text{focal}]{\text{système centré}} \text{Point image } A'_\infty$$

• Plan focal objet : C'est un plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par le foyer principal objet F .



4 Miroir sphérique

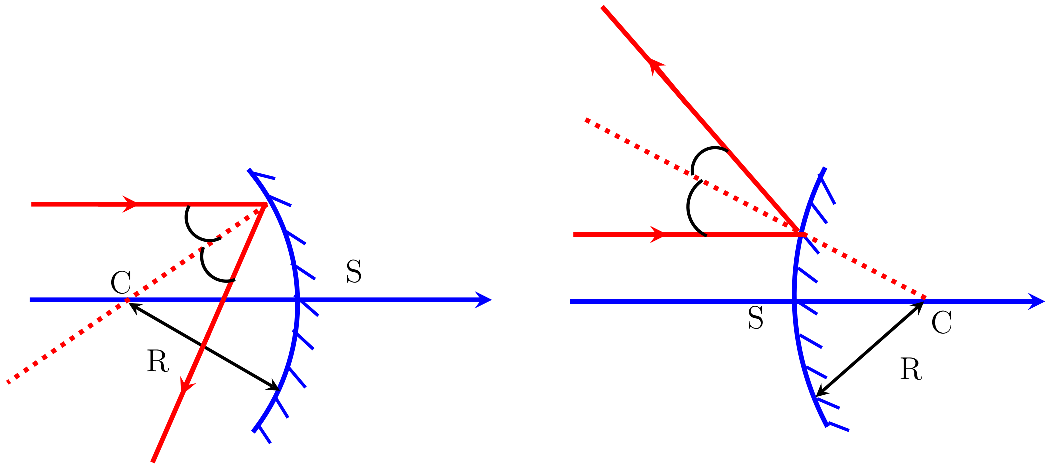
4.1 Définitions

Un miroir sphérique correspond à une portion de surface sphérique réflichissante de centre C . L'axe optique passant par le centre C coupe la surface du miroir en son sommet S .
• On oriente positivement l'axe optique xx' dans le sens de la lumière incidente .
• On définit le rayon algébrique d'un miroir par

$$\boxed{R = \overline{SC}}$$

• Le miroir plan est un cas particulier d'un miroir sphérique pour lequel le rayon de courbure est infini $R = \infty$

- Miroir concave : le rayon R vérifie $R = \overline{SC} < 0$
- Miroir convexe : le rayon R vérifie $R = \overline{SC} > 0$



Miroir concave $R < 0$ Miroir convexe $R > 0$

4.2 Stigmatisme

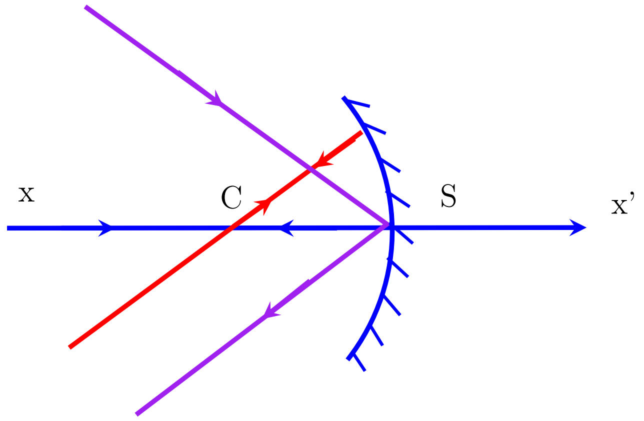
4.2.1 Stigmatisme rigoureux : centre C et sommet S

- Tout rayon incident passant par C arrive selon la normale au miroir sphérique et repasse par C après réflexion : il y a stigmatisme rigoureux pour le point C .

$$C \xrightarrow{\text{miroir sphérique}} C \text{ (stigmatisme rigoureux)}$$

► Tout rayon incident en S sur le miroir est réflechi symétriquement par rapport à l'axe optique et semble parvenir de S : il y a stigmatisme rigoureux pour S .

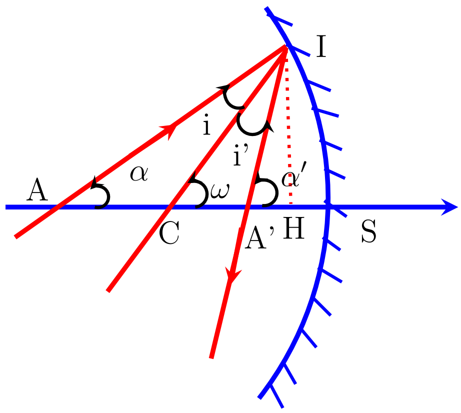
$$S \xrightarrow{\text{miroir sphérique}} S \text{ (stigmatisme rigoureux)}$$



Conclusion : Pour un miroir sphérique il y a stigmatisme rigoureux pour le centre C et le sommet S .

4.2.2 Stigmatisme approché : formule de conjugaison

Stigmatisme approché : Pour des points distincts de S et C il y a stigmatisme approché si on travaille dans les conditions de Gauss (rayons paraxiaux) .



On travaille dans le cadre des rayons paraxiaux ,les angles sont faibles ($\tan\theta \approx \theta$)

• triangle AIC

$\alpha + (-i) + \pi - \omega = \pi$

$$\boxed{(-i) = \omega - \alpha}$$

• tiangle A'IC

$\pi - \alpha' + i' + \omega = \pi$

$$\boxed{i' = \alpha' - \omega}$$

la loi de réflexion :

$$\boxed{2\omega = \alpha + \alpha'} \text{ car } (-i) = i'$$

$\tan\alpha \approx \alpha = \dfrac{\overline{HI}}{\overline{AH}}$; $\tan\alpha' \approx \alpha' = \dfrac{\overline{HI}}{\overline{A'H}}$;$\tan\omega \approx \omega = \dfrac{\overline{HI}}{\overline{CH}}$

$$2\frac{\overline{HI}}{\overline{CH}} = \frac{\overline{HI}}{\overline{AH}} + \frac{\overline{HI}}{\overline{A'H}}$$

Pour les rayons paraxiaux $H \approx S$

$$2\frac{\overline{HI}}{\overline{CS}} = \frac{\overline{HI}}{\overline{AS}} + \frac{\overline{HI}}{\overline{A'S}}$$

On obtient la formule de conjugaison de Descartes

$$\boxed{\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}}} \text{ origine au sommet S}$$

Conclusion : La position A' ne dépend que de A dans les conditions de Gauss : il y a stigmatisme approché : A et A' sont deux points conjugués .

$$\text{Objet A} \xrightarrow{\text{miroir sphérique}} \text{image A' ; objet A'} \xrightarrow{\text{miroir sphérique}} \text{image A}$$

• Remarque : La formule établi s'étend algébriquement à tout miroir sphérique convexe où concave .

4.3 Système centré focal

4.3.1 Foyer principal image F'

C'est l'image d'un point objet à l'infini A_∞ sur l'axe optique (faisceau lumineux parallèle à l'axe optique).

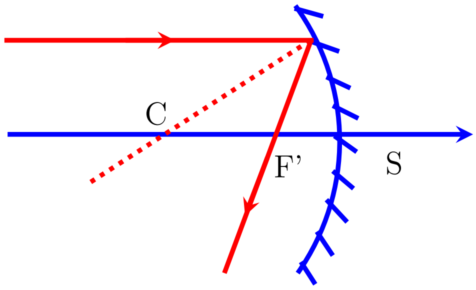
$$\text{objet } A_\infty \xrightarrow{\text{miroir sphérique}} \text{image F'}$$

La relation de conjugaison au sommet

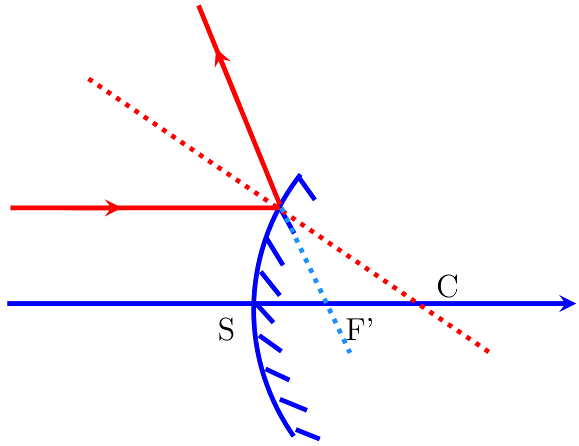
$$\frac{1}{\overline{SA_\infty}} + \frac{1}{\overline{SF'}} = \frac{2}{\overline{SC}} \text{ avec } \frac{1}{\overline{SA_\infty}} = 0$$

$$\boxed{\overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2}}$$

donc F' est le milieu de SC
F' est réel pour un miroir concave ($\overline{SF'} < 0$) et virtuel pour un miroir convexe($\overline{SF'} > 0$)



miroir concave



miroir convexe

4.3.2 Foyer principal objet F

D'après le principe du retour inverse de la lumière,tout rayon issu de F' a une image à l'infini sur l'axe . Donc le foyer objet principal F est confondu avec le foyer principal image F',on parle par la suite simplement du foyer principal F .

$$\boxed{F = F'}$$

Conclusion : Pour un miroir concave et convexe,le foyer principal F est donné par :

$$\boxed{\overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2} = \frac{R}{2}}$$

4.3.3 Vergence V

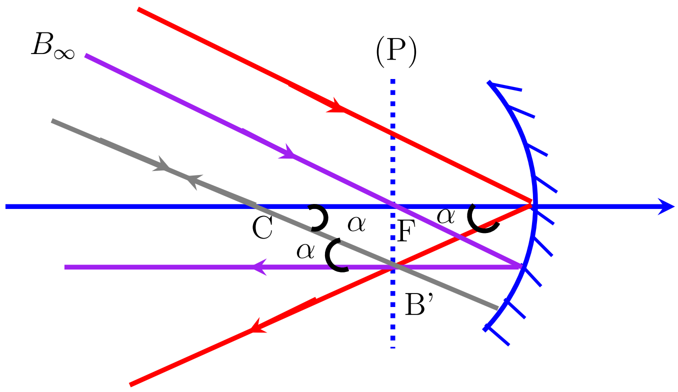
On définit la vergence du miroir sphérique par

$$\boxed{V = \frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{SF'}} = \frac{2}{R}}$$

V en dioptrie (δ) ou m^{-1}
- le miroir concave est convergent : $V < 0$,F et F' sont réels
- le miroir convexe est divergent : $V > 0$,F et F'sont virtuels

4.3.4 Plan focal-foyers secondaires

- Plan focal : plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par le foyer principal F
- Foyer secondaire : c'est l'image d'un point B_∞ situé à l'infini en dehors de l'axe optique,cette image se trouve dans le plan focal B'.
- Réciproquement : tout point dans le plan focal son image est situé à l'infini .



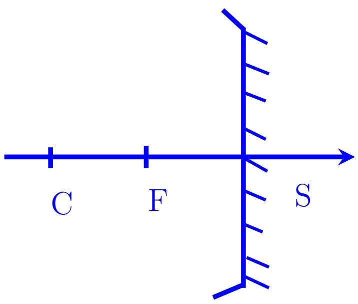
- α : diamètre apparent de l'objet

$$\boxed{\tan\alpha \approx \alpha_{rad} = \frac{FB'}{CF} = \frac{A'B'}{f'}}$$

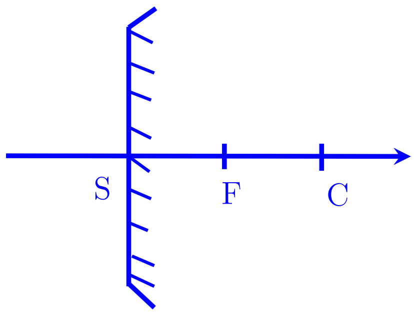
4.4 Modélisation et constructions

4.4.1 Modélisation

Dans toute la suite on va travailler dans les conditions de Gauss,donc on va confondre le miroir avec son plan tangent en S d'où la représentation suivante du miroir .



Miroir concave



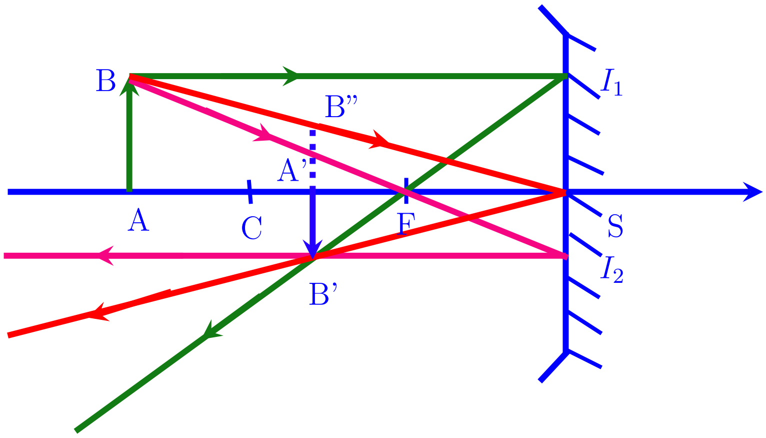
Miroir convexe

4.4.2 Rayons fondamentaux

Pour construire l'image d'un objet AB perpendiculaire à l'axe optique,il faut prendre deux rayons lumineux parmi les quatres .

- le rayon passant par B et le centre C revient sur lui même
- le rayon passant par B et le sommet S revient symétriquement à l'axe optique
- le rayon issu de l'infini parallèle à l'axe optique passant par B revient en passant par le foyer F
- le rayon passant par B et F (foyer objet) revient parallèlement à l'axe optique

4.4.3 Exemple de construction



On définit le grandissement γ par

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

- $\gamma < -1$: image renversée et plus grande que l'objet
- $\gamma = -1$: image renversée et égale à l'objet
- $\gamma = 1$: image droite et égale à l'objet
- $\gamma > 1$: image droite et plus grande que l'objet
- $\gamma < 1$: image droite plus petite que l'objet

4.5 Relations algébriques

4.5.1 Formule de Descartes avec origine au sommet S

La relation de conjugaison au sommet : $\dfrac{1}{\overline{SA}} + \dfrac{1}{\overline{SA'}} = \dfrac{2}{\overline{SC}} = \dfrac{1}{\overline{SF'}}$

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

dans le triangle SAB :$\dfrac{\overline{A'B''}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$ avec $\overline{A'B'} = -\overline{A'B''}$

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

c'est la formule de Descartes avec origine au sommet S

4.5.2 Formule de Newton avec origine au foyer

Les triangles ABF et SFI_2 sont semblables ,d'après le Théorème de Thalès :

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{SI_2}} = \frac{\overline{FA}}{\overline{FS}}$$

Les triangles I_1FS et $A'B'F$ sont semblables : et $F = F'$

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{SI_1}} = \frac{\overline{FA'}}{\overline{FS}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'S}}$$

comme $\overline{AB} = \overline{SI_1}$ et $\overline{A'B'} = \overline{SI_2}$

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'S}} = \frac{\overline{FS}}{\overline{FA}}$$

$$\boxed{\overline{FA}.\overline{F'A'} = \overline{FS}.\overline{F'S} = f.f' = f^2 = f'^2 = \frac{R^2}{4}}$$

c'est la formule de Newton avec origine au foyer

$$\boxed{\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{f}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}}$$

4.5.3 Formule de Descartes avec origine au centre

$\overline{FA} = \overline{FC} + \overline{CA} = -\frac{\overline{CS}}{2} + \overline{CA} = f + \overline{CA}$

$\overline{F'A'} = \overline{F'C} + \overline{CA'} = -\frac{\overline{CS}}{2} + \overline{CA'} = f' + \overline{CA'}$

$\overline{FA}.\overline{F'A'} = (\overline{CA} + f).(\overline{CA'} + f') = \overline{CA}.\overline{CA'} + \overline{CA}.f' + f.\overline{CA'} + ff' = ff'$
en divisant sur $\overline{CA}.\overline{CA'}.f'$ on trouve la formule de Descartes avec origine au centre

$$\boxed{\frac{1}{\overline{CA}} + \frac{1}{\overline{CA'}} = -\frac{1}{f'} = \frac{2}{\overline{CS}}}$$

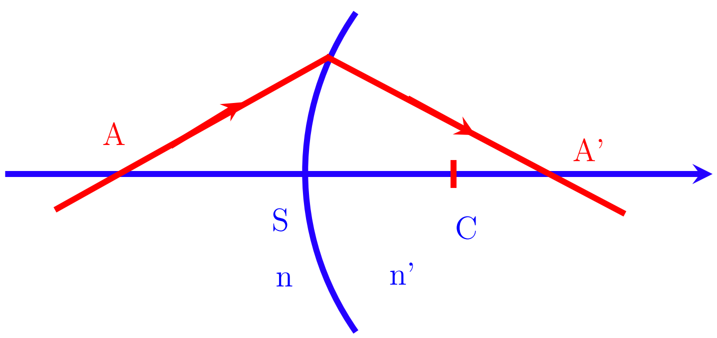
$$\boxed{\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{CA'}}{\overline{CA}}}$$

5 Lentilles sphériques minces

5.1 Définitions

5.1.1 Dioptre sphérique

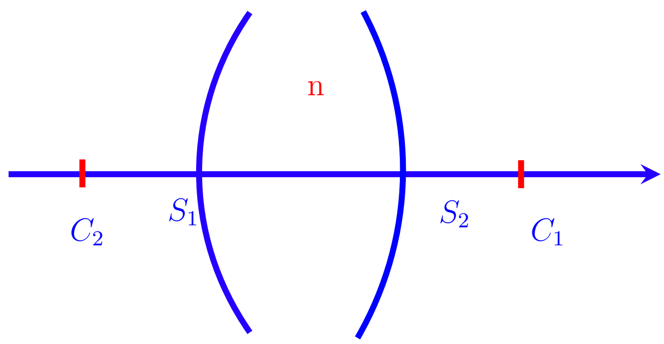
Elle s'agit d'une portion de sphère de centre C et de rayon R séparant deux milieux linéaires homogènes transparents isotropes (MLHTI) d'indices différents n et n' .



5.1.2 Lentille sphérique

Elle s'agit d'une portion de MLHTI limitée par deux dioptres sphériques (ou une sphérique et l'autre plan) de même axe de révolution (l'axe optique du système centré) .

Les rayons des deux dioptres sphériques sont algébriques .
$R_1 = \overline{S_1C_1}$ et $R_2 = \overline{S_2C_2}$
• Les deux milieux extêmes correspondant généralement à l'air .



$R_1 = \overline{S_1C_1} > 0$ et $R_2 = \overline{S_2C_2} < 0$

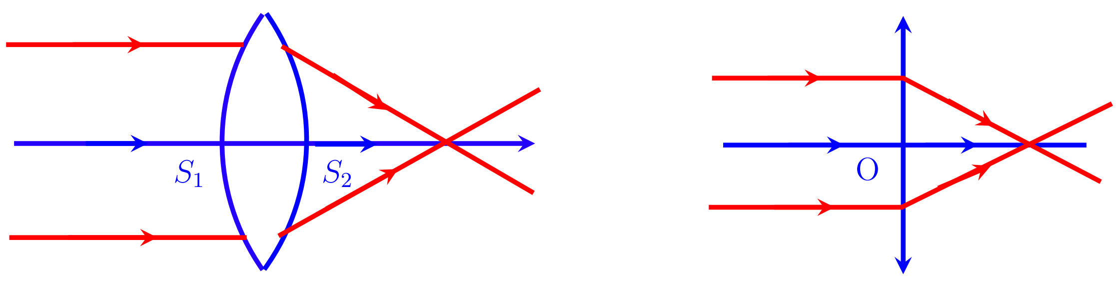
5.1.3 Lentille sphérique mince

Une lentille est qualifie de mince lorsque son épaisseur $e = S_1S_2$ est faible devant les valeurs absolues des rayons de courbure des deux dioptres qui la composent ainsi qu'à la distance $d = C_1C_2$

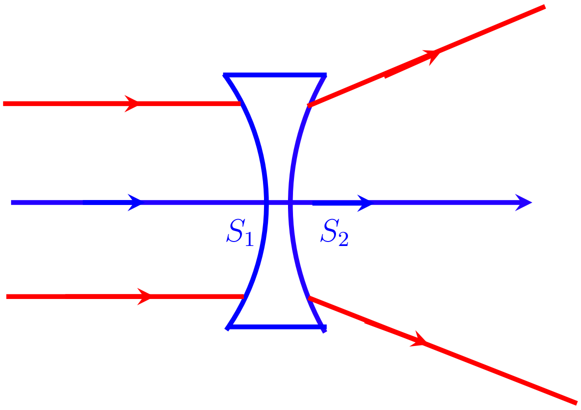
$$\boxed{e << |R_1|; e << |R_2|; e << |d|}$$

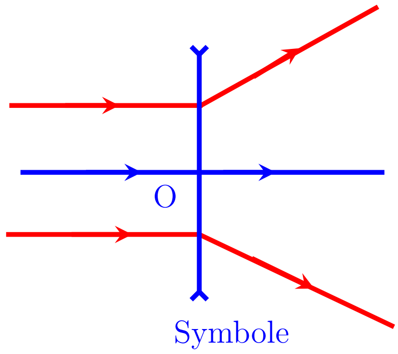
Les sommets S_1 et S_2 sont quasi confondus en un point O appelé centre optique de la lentille : $S_1 \approx S_2 = O$
On peut distinguer entre deux types de lentilles

- ▶ Lentilles convergentes : Elles referment les faisceaux lumineux
  Pratiquement : Elles sont des lentilles à bords minces



- ▶ Lentilles convergentes : Elles ouvrent les faisceaux lumineux
  Pratiquement : Elles sont des lentilles à bords épais





5.2 Stigmatisme

Dans le cadre des rayons paraxiaux

- On peut associer à tout point objet A de l'axe optique,une image ponctuelle A' sur l'axe optique (stigmatisme approché) .
- L'image $A'B'$ d'un objet AB perpendiculaire sur l'axe optique est aussi perpendiculaire à l'axe optique (stigmatisme approché dans le plan transverse = aplanétisme approché).

5.3 Système centré focal

5.3.1 Foyers principaux

• Foyer principal image F' : C'est l'image d'un point objet situé à l'infini sur l'axe optique .

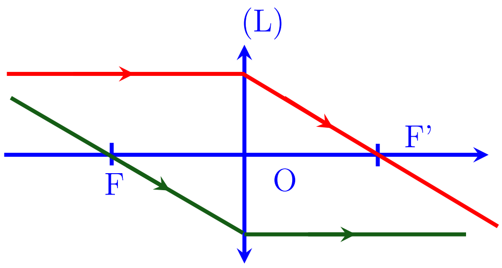
$$\text{Objet } A_\infty \xrightarrow[\text{mince}]{\text{Lentille sphérique}} \text{Foyer principal image F'}$$

• Foyer principal objet F : C'est le point de l'axe dont l'image se trouve à l'infini sur cet axe

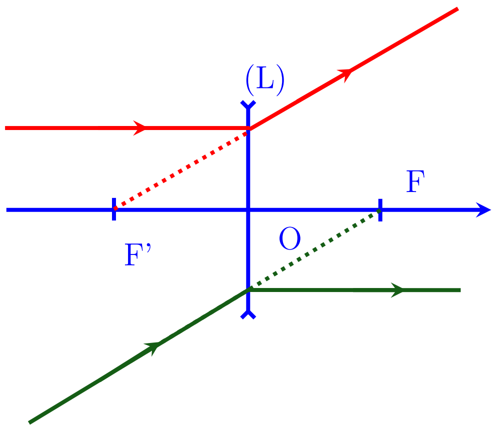
$$\text{foyer principal objet F} \xrightarrow[\text{mince}]{\text{Lentille sphérique}} \text{image } A'_\infty$$

On peut vérifier que ces deux foyers sont

- réels pour une lentille convergente
- virtuels pour une lentille divergente
- symétriques l'un de l'autre par rapport au centre optique O



Lentille convergente



Lentille divergergente

• Distances focales : On définit les distances focales objet et image par des grandeurs algébriques :

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

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

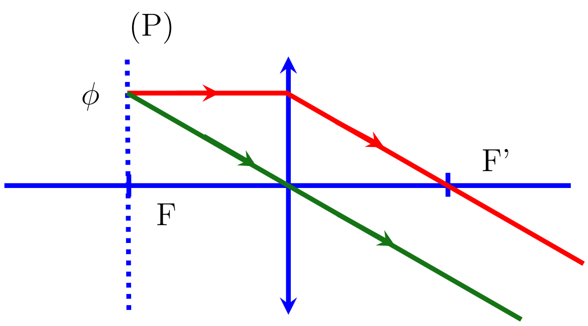
• lentille convergente : $f < 0$ et $f' > 0$
• lentille divergente : $f > 0$ et $f' < 0$
• Vergence d'une lentille : Elle est définit comme étant la grandeur

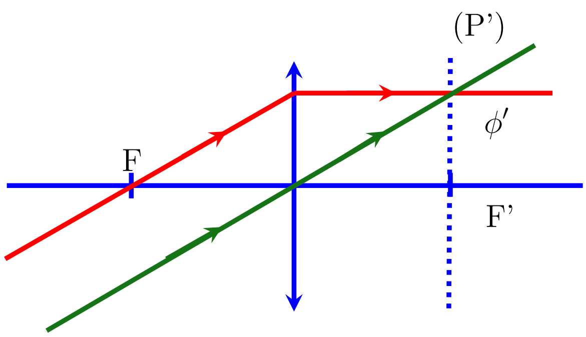
$$\boxed{V = \frac{1}{f'} = -\frac{1}{f}}$$

Lentille convergente : $V > 0$
Lentille divergente : $V < 0$

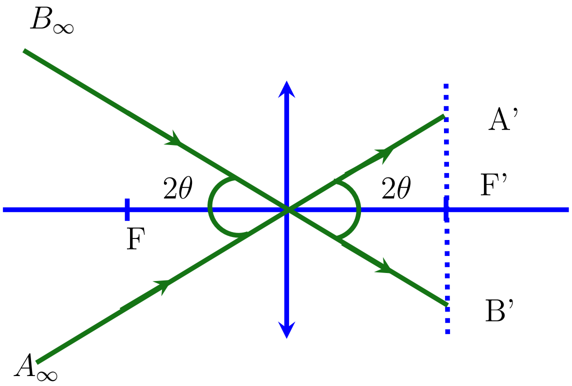
5.3.2 Foyers secondaires-plans focaux

• Plan focal objet : plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par F
• Foyer secondaire Objet ϕ : un point ϕ du plan focal objet ou son image à travers une lentille est rejetée à l'infini .
• plan focal image : plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par F'
• Foyer secondaire image ϕ' : un point du plan focal image





5.3.3 Dimètre apparent d'un objet ou d'une image à l'infini



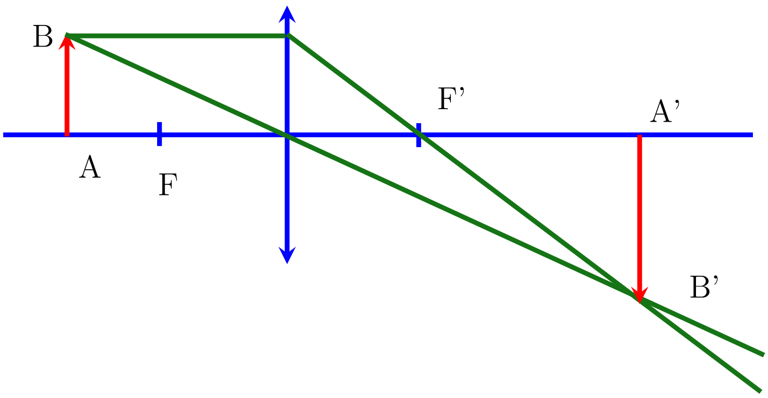
$$\boxed{\alpha = 2\theta = \frac{A'B'}{f'}}$$

α est appellé diamètre apparent
Dans le cas où l'image à l'infini

$$\boxed{\alpha' = 2\theta' = \frac{AB}{|f|}}$$

5.4 Construction des images

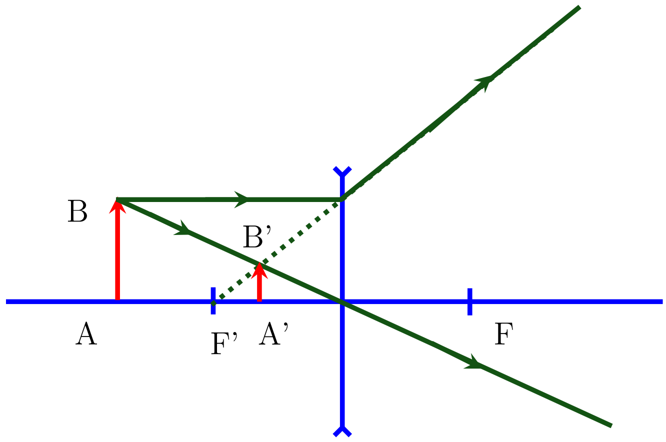
5.4.1 Cas d'une lentille convergente



le grandissement

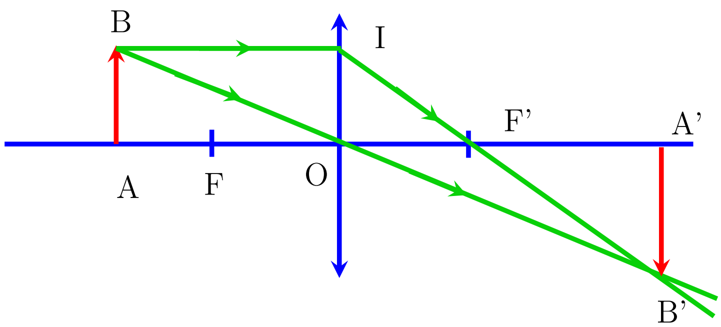
$$\boxed{\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}}$$

5.4.2 Cas d'une lentille divergente



5.5 Relation de conjugaison

5.5.1 Formule de Descartes avec origine au centre optique O



le grandissement $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

triangle OIF' et A'B'F' sont semblables : $\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{OI}} = \dfrac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}}$

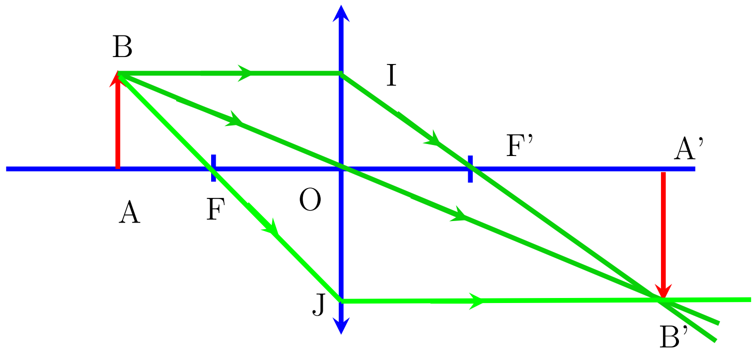
$\overline{OI} = \overline{AB}$ et $\overline{F'A'} = \overline{OA'} - \overline{OF'}$

$\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{OF'} - \overline{OA'}}{\overline{OF'}} = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Rightarrow 1 - \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OF'}}$

En divisant par $\overline{OA'}$ on obtient :

$$\boxed{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'}}$$

5.5.2 Formule de Newton avec origines aux foyers



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

les triangles IF'O et A'B'F' :

$\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{OI}} = \dfrac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}}$ et $\dfrac{\overline{OJ}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{FO}}{\overline{FA}}$

$\overline{OI} = \overline{AB}$ et $\overline{OJ} = \overline{A'B'} \Rightarrow \gamma = \dfrac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} = \dfrac{\overline{FO}}{\overline{FA}}$

$$\boxed{\overline{FA}.\overline{F'A'} = \overline{FO}.\overline{F'O} = f.f' = -f'^2}$$

5.6 Lentilles minces accolées

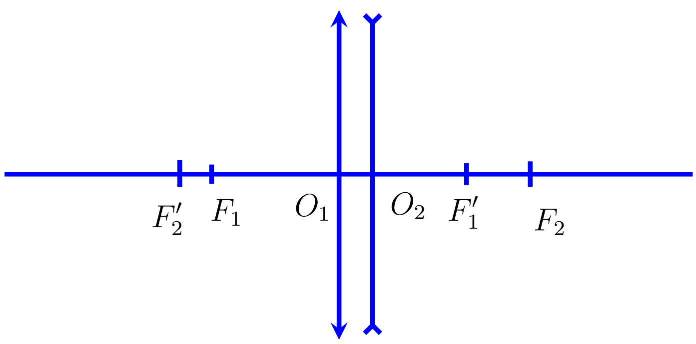
5.6.1 Vergence du système

•Définition : les deux lentilles minces quelconques (O_1,f'_1) et (O_2,f'_2) sont dites accolées lorsque

$$\boxed{O_1O_2 << |f'_1| \text{ et } O_1O_2 << |f'_2|}$$

On note O le centre optique commun des deux lentilles $O \approx O_1 \approx O_2$

• Exemple



• Relation de conjugaison du système

$$\text{Objet A} \xrightarrow{L_1} A_1 \xrightarrow{L_2} \text{image A'}$$

avec L_1 : la lentille convergente
L_2 : la lentille divergente

- Pour L_1 : $\dfrac{1}{\overline{OA_1}} - \dfrac{1}{\overline{OA}} = \dfrac{1}{f'_1}$ (1)
- Pour L_2 : $\dfrac{1}{\overline{OA'}} - \dfrac{1}{\overline{OA_1}} = \dfrac{1}{f'_2}$ (2)

$$(1)+(2) \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2} = V_1 + V_2 = V$$

Conclusion : le système de deux lentilles est équivalent à une lentille de vergence V telque

$$\boxed{V = V_1 + V_2}$$

5.6.2 Intérêt du dispositif

• On peut mesurer la distance focale d'une lentille divergente ($f'_2 < 0$) en l'accolant avec une lentille convergente ($f'_1 > 0$) telque $f'_1 < |f'_2|$ ce qui permet de rendre le système convergent$V = \dfrac{1}{f'_1} + \dfrac{1}{f'_2} = \dfrac{1}{f'_1} - \dfrac{1}{|f'_2|} > 0$

• En accolant une lentille convergente en crown et une lentille divergente en flint (autre variété de verre) on peut réaliser un achromat convergent (dépourvu d'aberration chromatiques) : f' peu dépendre de λ .