

CENTRE DES CLASSES PRÉPARATOIRES

LYDEX-Benguerir/Maroc



OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

SAID EL FILALI

Troisième partie

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

TABLE DES MATIÈRES

III OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE	3
1 APPROXIMATION DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE	7
1.1 Notion du rayon lumineux	7
1.1.1 Généralités	7
1.1.2 Limite du modèle	8
1.2 Réflexion et réfraction	8
1.2.1 Réflexion	8
1.2.2 Réfraction	9
1.2.3 Étude de la réfraction	10
1.2.3.1 Cas $n_1 < n_2$:	10
1.2.3.2 Cas $n_1 > n_2$	11
1.2.4 Étude du prisme	13
1.2.4.1 Formules générales	14
1.2.4.2 Conditions d'émergence	15
1.2.4.3 Minimum de déviation	15
2 FORMATION DE L'IMAGE DANS LES CONDITIONS DE GAUSS	17
2.1 Systèmes optiques centrés	17
2.1.1 Définition	17
2.1.2 Espace objet - Espace image :	17
2.1.2.1 Système dioptrique	17
2.1.2.2 Système catoptrique	18
2.2 Notion de stigmatisme et applanitisme	18
2.3 Lentilles sphériques minces dans les conditions de GAUSS	18
2.3.1 Définitions :	18
2.3.2 Conditions de GAUSS :	19
2.3.3 Stigmatisme approché :	19
2.3.4 Lentilles minces :	19
2.3.5 Formation de l'image	20
2.3.6 Grandissement transversal-Formule de Newton :	25
2.3.7 Relation de conjugaison	26
2.4 Miroirs sphériques dans les C.G.	27
2.4.1 Définitions	27

2.4.2 Relation de conjugaison	27
2.4.3 Grandissement transversal	28
2.4.4 Formation de l'image	29
2.4.4.1 Miroirs concaves ou convergents	29
2.4.4.2 Miroirs convexes ou divergents	32

CHAPITRE 1

APPROXIMATION DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

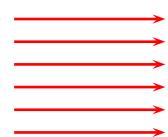
1.1 Notion du rayon lumineux

1.1.1 Généralités

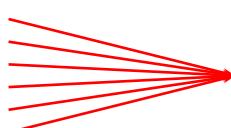
- Les phénomènes de diffraction et les interférences montrent que la lumière est une onde électromagnétique de longueur d'onde $\lambda \in [400 \text{ nm}, 700 \text{ nm}]$ (spectre visible) se propage dans le vide à la vitesse $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.
- L'approximation de l'optique géométrique consiste à tendre la longueur d'onde λ vers zéro ($\lambda \rightarrow 0$) ; c'est à dire négliger les variations de l'amplitude de l'onde électromagnétique sur une distance de l'ordre de la longueur d'onde λ , afin de négliger le phénomène de diffraction.
- L'optique géométrique s'intéresse à la **formation de l'image** par les instruments optiques qui suggère l'existence du notion du rayon lumineux .
 - Un milieu est dit transparent s'il laisse passer la lumière (eau , air, verre,...)
 - Un milieu est dit homogène si toutes les propriétés physiques (la masse volumique , l'indice de réfraction,...) sont les mêmes quels que soit le point M du milieu.
 - Un milieu est dit isotrope si les propriétés physiques ne dépendent pas de la direction (possède au moins localement une symétrie sphérique)
 - **Principe de propagation rectiligne de la lumière**

Dans un milieu **transparent linéaire homogène et isotrope** la lumière se propage en ligne droite.

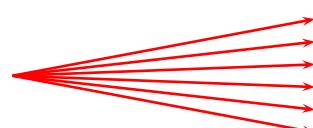
- L'ensemble des rayons lumineux constitue un faisceau lumineux qui peut avoir un faisceau :



Cylindrique



convergent



divergent

1.1.2 Limite du modèle

La notion du rayon lumineux perd sa signification si les dimensions des ouvertures des diaphragmes sont inférieures devant la longueur d'onde λ .(voir TP-COURS)

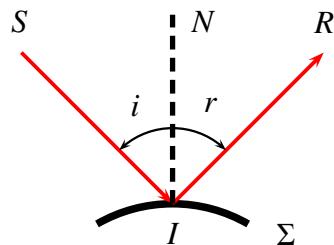
1.2 Réflexion et réfraction

La réflexion et la réfraction sont régies par les lois de **DESCARTES-SNELL**

1.2.1 Réflexion

Soit Σ une surface réfléchissante et SI un rayon incident.

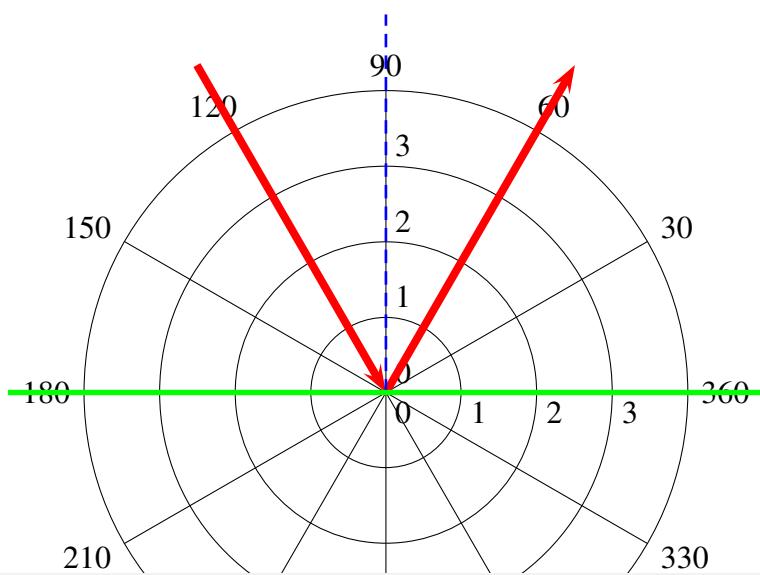
- SI : rayon incident
- IR : rayon réfléchi
- i : angle d'incidence
- r : angle de réflexion
- I : point d'incidence
- IN : la normale
- SIN : plan d'incidence



♠ Le rayon réfléchi appartient au plan d'incidence.

♠ L'angle d'incidence i est opposé à l'angle de réflexion r :

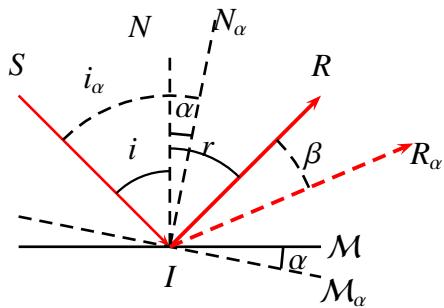
$$i = -r \implies |i| = |r|$$



Remarque

Lorsque on tourne le miroir d'un angle α , le rayon réfléchi tourne d'un angle de 2α

En effet :



Comme $i_\alpha = i + \alpha = \beta + r - \alpha$ et puisque $i = r$ alors le résultat :

$$\boxed{\beta = 2\alpha}$$

Définition

On appelle l'angle de déviation D l'angle entre la direction du rayon incident et la direction du rayon réfléchi .

Dans le cas de réflexion on a :

$$\boxed{D = \pi - 2i}$$

1.2.2 Réfraction

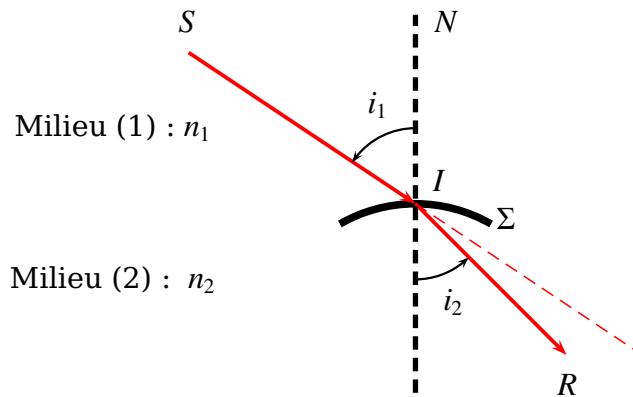
Soit Σ un dioptre (surface) qui sépare deux milieux différents. On caractérise chaque milieu par son indice de réfraction n définie par :

$$\boxed{n = \frac{c}{v} > 1}$$

avec c la vitesse de propagation de la lumière dans le vide et v la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu.

Exemple

Milieu	vide	air(CNTP)	eau	Verre	Verre à fort indice
n	1	1,00027	1,33	$\simeq 1,5$	$1,6 \leq n \leq 1,8$



Les lois de **DESCARTES-SNELL** pour la réfraction sont :

- ♠ Le rayon réfracté appartient au plan d'incidence.
- ♠ L'angle d'incidence i_1 est égal à l'angle de réfraction i_2 vérifie :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \implies \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2/1}$$

$n_{2/1}$ l'indice de réfraction relatif du milieu 2 par rapport au milieu 1.

Remarques

- Si i_1 et i_2 sont faibles alors la loi de **DESCARTES-SNELL** devient

$$n_1 i_1 = n_2 i_2$$

c'est la loi de **Kepler**

- L'angle de déviation

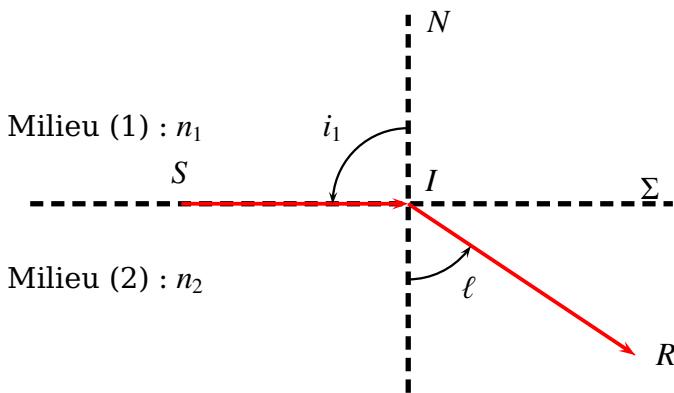
$$D = |i_2 - i_1|$$

1.2.3 Étude de la réfraction

On a $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \implies n_1 \cos i_1 di_1 = n_2 \cos i_2 di_2$
 Donc $\frac{di_2}{di_1} = \frac{n_1 \cos i_1}{n_2 \cos i_2} > 0$
 on conclut que i_2 est une fonction croissante de i_1 .

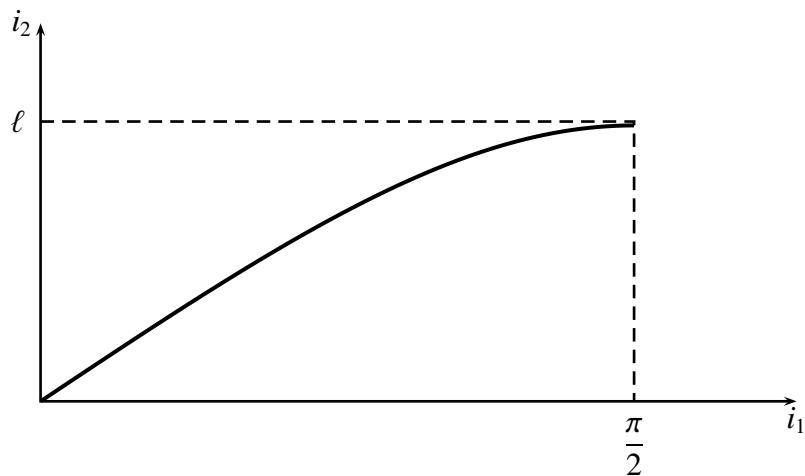
1.2.3.1 Cas $n_1 < n_2$:

On dit dans ce cas que le milieu (2) est plus réfringeant que le milieu (1).
 On a $\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1$ et puisque $\frac{n_1}{n_2} < 1$ alors $\sin i_2 < \sin i_1 \implies i_2 < i_1$
 • Le rayon réfracté se rapproche de la normale.



- Lorsque i_1 croît de 0 à $\frac{\pi}{2}$, i_2 croît de 0 à ℓ : angle limite de réfraction ; avec

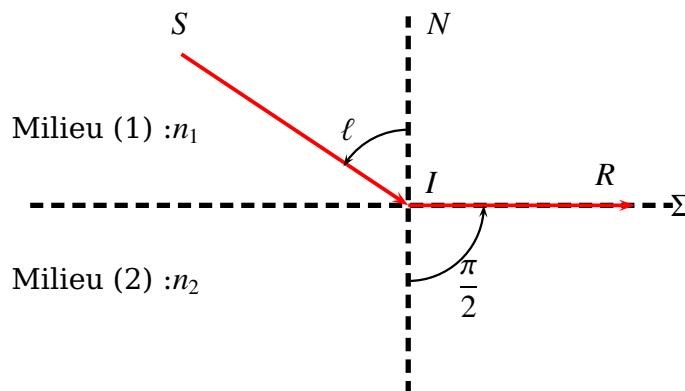
$$\sin \ell = \frac{n_1}{n_2} \implies \ell = \arcsin \frac{n_1}{n_2}$$



1.2.3.2 Cas $n_1 > n_2$

On dit dans ce cas que le milieu (1) est plus réfringeant que le milieu (2).
On a $\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1$ et puisque $\frac{n_1}{n_2} > 1$ alors $\sin i_2 > \sin i_1 \implies i_2 > i_1$

- Le rayon réfracté s'éloigne de la normale.



- Lorsque i_2 croît de 0 à $\frac{\pi}{2}$, i_1 croît de 0 à ℓ : angle limite de réfraction ; avec

$$\sin \ell = \frac{n_2}{n_1} \implies \ell = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

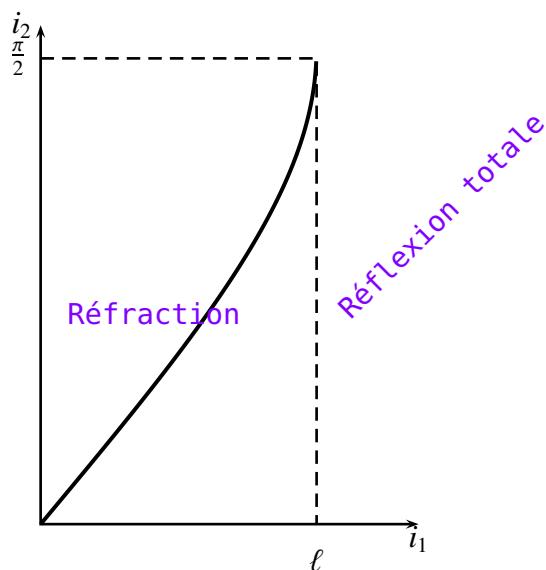
A.N : $n_2 = 1$ $n_1 = 1,5^\circ$ ce qui donne $\ell = 42^\circ$

Remarque

Si $i_1 > \ell$ la loi de **DESCARTES-SNELL** donne :

$$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1 > \frac{n_1}{n_2} \sin \ell = \frac{n_1}{n_2} \times \frac{n_2}{n_1} = 1 \implies \sin i_2 > 1 \text{ Impossible dans } \mathbb{R}$$

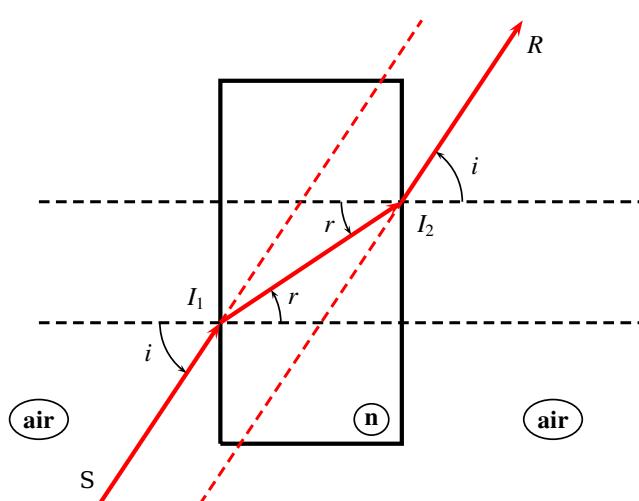
L'expérience montre que le rayon incident se réfléchit totalement : C'est la réflexion totale



Activité

Lame à faces parallèles

Soit une lame à faces parallèles d'épaisseur e et d'indice de réfraction n plongé dans l'air.



► Les rayons SI_1 et I_2R ont même pente ($\tan i$) donc les rayons incident et émergent sont parallèles. Par conséquent les deux rayons sont translatés d'une distance d

$$\blacktriangleright \sin i = n \sin r \implies r = \arcsin\left(\frac{1}{n} \sin i\right)$$

$$\blacktriangleright \text{On a } \cos r = \frac{e}{I_1 I_2} \implies I_1 I_2 = \frac{e}{\cos r}$$

$$\text{De même : } \sin(i - r) = \frac{d}{I_1 I_2} \implies d = \frac{e}{\cos r} \sin(i - r)$$

$$d = e \frac{\sin(i - \arcsin(\frac{1}{n} \sin i))}{\cos(\arcsin(\frac{1}{n} \sin i))}$$

► Pour i faible alors

$$d = \frac{n-1}{n} ei$$

Conclusion:

- Si $e \rightarrow 0$ et $i \rightarrow 0$ alors $d \rightarrow 0$: C'est à dire les rayons I_2R et SI_2 sont confondus (autrement dit $I_1 \equiv I_2$): Le rayon incident n'est pas dévié (voir les lentilles).
- On peut déterminer l'indice de réfraction n de la lame connaissant e, d et l'angle d'incidence i par la relation

$$n = \frac{ei}{ei - d}$$

(suite voir TP)

1.2.4 Étude du prisme

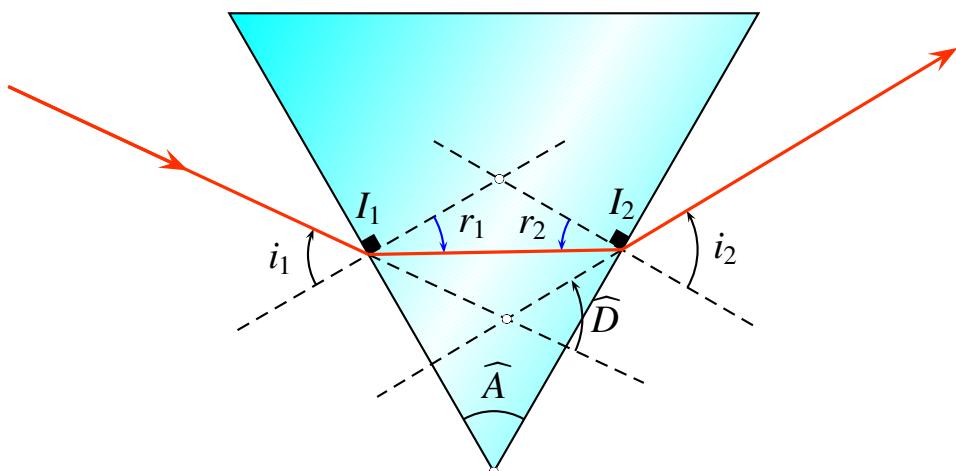
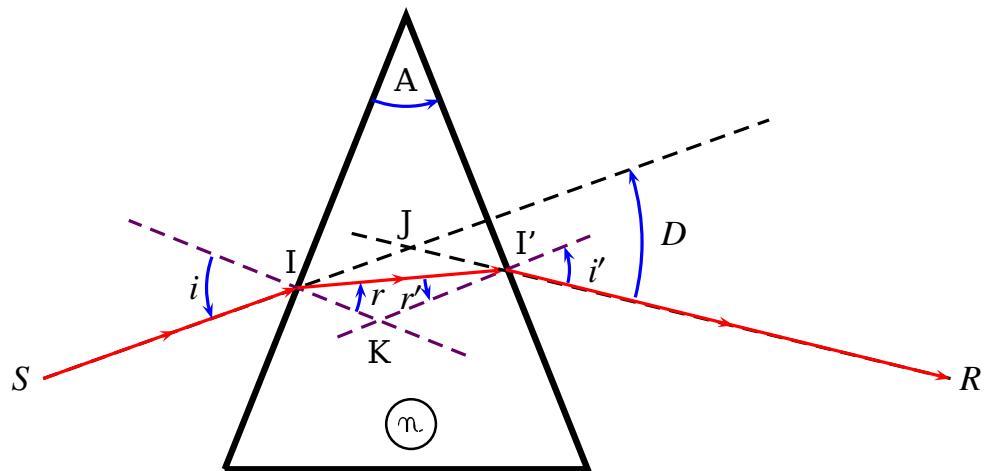
On assimile la valeur de l'indice de l'air à 1

On considère un prisme isocèle, réalisé dans un milieu solide transparent d'indice de réfraction n à mesurer, d'arête P et d'angle au sommet A . Ce prisme est plongé dans l'air dont l'indice de réfraction est assimilé à l'unité. Un rayon du «faisceau parallèle» incident contenu dans le plan de figure perpendiculaire à l'arête P passant par un point B , arrivé au point I sur la face d'entrée du prisme sous l'angle d'incidence i ; on s'intéresse, dans la suite, au cas où le rayon émergent en I' existe; C est un point situé sur cet émergent.

Tous les angles sont définis sur la figure 1 ci-après. La convention de signe, commune à tous ces angles, est la convention trigonométrique.

On notera que dans le cas particulier de figure proposée ci-dessous, les valeurs des six angles A , i , i' , r , r' et D sont toutes comprises entre 0 et $\pi/2$ rad.

1.2.4.1 Formules générales



- La loi de réfraction aux points :
- $I : \sin i = n \sin r$
- $I' : n \sin r' = \sin i'$

- Relation entre les angles A, r et r' :

$$A = r + r'$$

- La relation entre les angles D, i, i' et A

$$D = i + i' - A$$

Remarque

A est faible $\Rightarrow r$ et r' de même i et i' sont faibles ce qui simplifie les lois de D.S (lois de Kepler) $i = nr$ et $nr' = i'$ qu'on remplace dans l'expression de D on trouve $D = (n - 1)A$

Commentaire :

- D ne dépend pas de l'angle d'incidence
- Le rayon incident émerge en I' $\forall i$ (pas de limite inférieure)

1.2.4.2 Conditions d'émergence

Dans toute la suite , les angles ne sont pas nécessairement petits devant 1rad

Pour que le rayon émergent existe , il est nécessaire que les deux conditions suivantes soient satisfaites :

a) $A < 2 \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)$

b) $i_m < i < \frac{\pi}{2}$ avec $\sin i_m = n \sin\left(A - \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)\right)$

En effet :

Conditions d'émergence avec ℓ l'angle limite c'est à dire $\sin \ell = 1/n$:

a) comme $r < \ell$ ainsi $r' < \ell$ alors $A = r + r' < 2\ell = 2 \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)$

b) On a : $\sin i = n \sin r$

- Réfraction en $I \Rightarrow r < \ell$ donc $i < \pi/2$

- Réfraction en $I' \Rightarrow r' < \ell$ et comme $r' = A - \ell$ alors :

$$\sin i_m = n \sin(A - \arcsin\left(\frac{1}{n}\right))$$

1.2.4.3 Minimum de déviation

Dans toute la suite, nous considérons que ces deux conditions sont satisfaites et que par conséquent le rayon émergent existe

toujours.

Montrons que :

$$\frac{dD}{di} = 1 - \frac{\cos i \cos r'}{\cos i' \cos r}$$

En effet :

$$D = i + i' - A \implies \frac{dD}{di} = 1 + \frac{di'}{di} - \frac{dA}{di}; \text{ or } \frac{di'}{di} = \frac{di' dr' dr}{dr' dr di}$$

$$\text{de même } \frac{dr}{di} = \frac{\cos i}{n \cos r}, \frac{dA}{di} = 0 \implies \frac{dr}{di} = -\frac{dr'}{di}; \frac{dr'}{di'} = \frac{\cos i'}{n \cos r'}$$

$$\text{on tire le résultat : } \frac{dD}{di} = 1 - \frac{\cos i \cos r'}{\cos i' \cos r}$$

$$\text{Déduisons que : } \frac{dD}{di} = 0 \implies (n^2 - 1)(\sin^2 i - \sin^2 i') = 0$$

On enlève au carré et on remplace $\cos^2 x$ par $1 - \sin^2 x$ et on utilisant les lois de D.S en trouve le résultat.

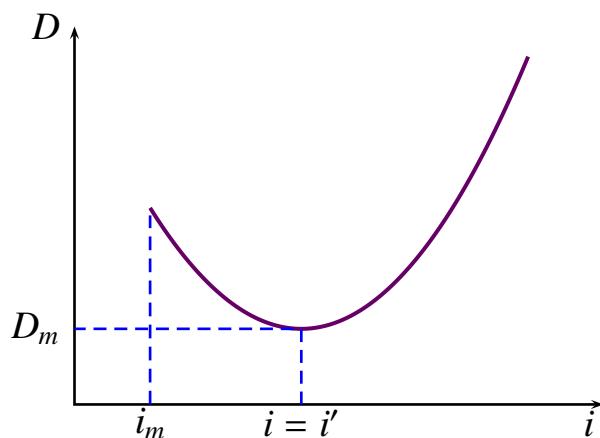
La déviation D est minimale si $\frac{dD}{di} = 0$ comme les angles sont tous positifs et $n > 1$ alors $\sin^2 i = \sin^2 i' \implies i = i'$

L'expression de n en fonction de A et D_m

Loi de D.S en i donne

$$n = \frac{\sin(\frac{A + D_m}{2})}{\sin \frac{A}{2}}$$

L'allure de la courbe $D = D(i)$



CHAPITRE 2

FORMATION DE L'IMAGE DANS LES CONDITIONS DE GAUSS

2.1 Systèmes optiques centrés

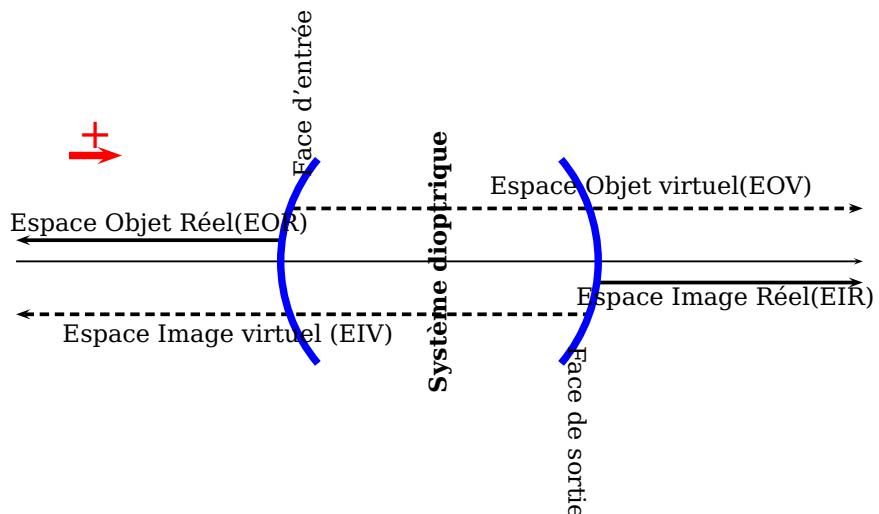
2.1.1 Définition

Définition

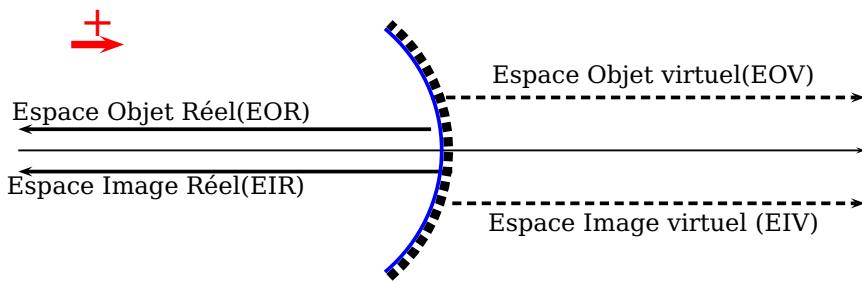
*Un système optique centré est une suite de dioptres et de miroirs dont les centres sont situés sur un même axe (axe principal) et qui sont séparés par des milieux transparents et homogènes :**système possédant un axe de révolution = axe optique***

2.1.2 Espace objet - Espace image :

2.1.2.1 Système dioptrique



2.1.2.2 Système catoptrique



2.2 Notion de stigmatisme et applanitisme

- On rappelle qu'un système optique est stigmatique pour deux points A et A' si tout rayon lumineux passant par A passe par A' après avoir traversé le système optique.

On dit que A et A' sont deux points conjugués.

Remarque

On distingue deux types de stigmatismes :

- **Stigmatisme rigoureux** : Tous les rayons incidents de A passent par A' (image d'un point est un point)

Exemple : Miroir plan ; Miroir parabolique (∞ , Foyer)

- **Stigmatisme approché** : Tous les rayons incidents de A passent au voisinage de A' (image d'un point est une tache centré en A')

Exemple : lentilles ; Miroirs sphériques.

- On rappelle qu'un système optique présentant un axe de révolution Δ (axe optique) est aplanétique s'il donne d'un objet AB perpendiculaire à Δ une image perpendiculaire à Δ .

2.3 Lentilles sphériques minces dans les conditions de GAUSS

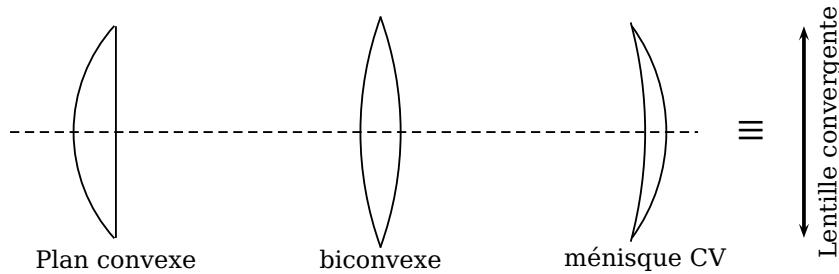
2.3.1 Définitions :

Une lentille sphérique est l'association de deux dioptres dont l'un au moins est sphérique.

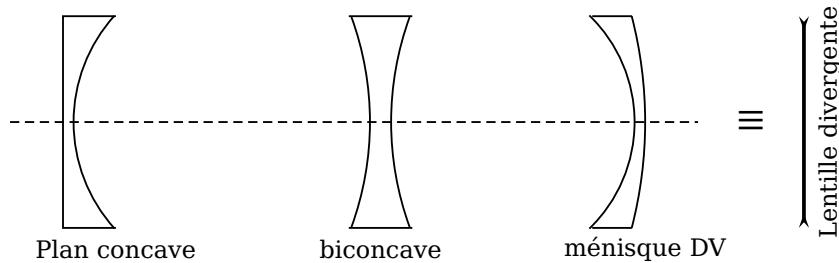
Elles sont très utilisées en appareils photos , microscope , lunettes astronomiques , jumelles,.....

On distingue deux catégories :

► **Lentilles à bords minces : Lentilles Convergentes**



► **Lentilles à bords épais : Lentilles divergentes**



2.3.2 Conditions de GAUSS :

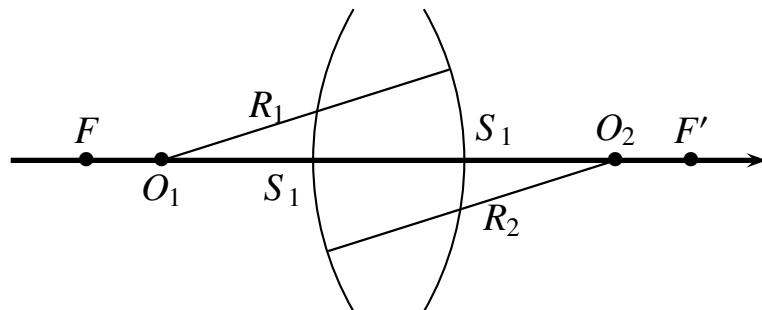
Un Système centré est utilisé dans les conditions de Gauss si :

- **Les rayons peu inclinés par rapport à l'axe optique.**
- **Les rayons passent au voisinage du centre du système.**

2.3.3 Stigmatisme approché :

Réalisé dans les conditions de l'approximation de Gauss.

2.3.4 Lentilles minces :



Une lentille est mince si son épaisseur $e = S_1 S_2$ est très négligeable devant R_1, R_2 et $|R_2 - R_1|$

Dans ce cas $S_1 \equiv S_2 \equiv O$: **centre optique de la lentille**

$$\overline{OF} = f$$

distance focale objet .

$$\overline{OF'} = f'$$

distance focale image .

On appelle **vergence** d'une lentille :

$$V = \frac{n_i}{f'} = \frac{n_o}{f}$$

n_o et n_i indice de réfraction des milieux objet et image.

Si les milieux (O et I) = air ($n \approx 1$) alors

$$f' = -f = 1/V$$

Remarque

- **Lentille Convergente** $\Rightarrow V > 0, f' > 0, f < 0.$
- **Lentille divergente** $\Rightarrow V < 0, f' < 0, f > 0.$

2.3.5 Formation de l'image

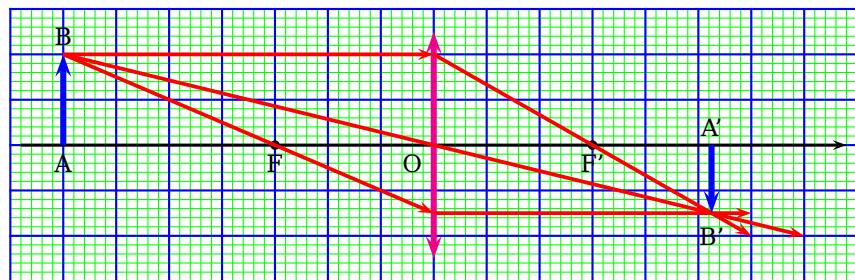
On rappelle que :

- Tout rayon parallèle à l'axe optique passe par le foyer image F' de la lentille.
- Tout rayon passant par le foyer objet F sort parallèle à l'axe optique.
- Tout rayon passant par le centre optique O ne sera pas dévié.
- Tous les rayons parallèles convergent vers un foyer secondaire (appartiennent au plan focal).

Activité

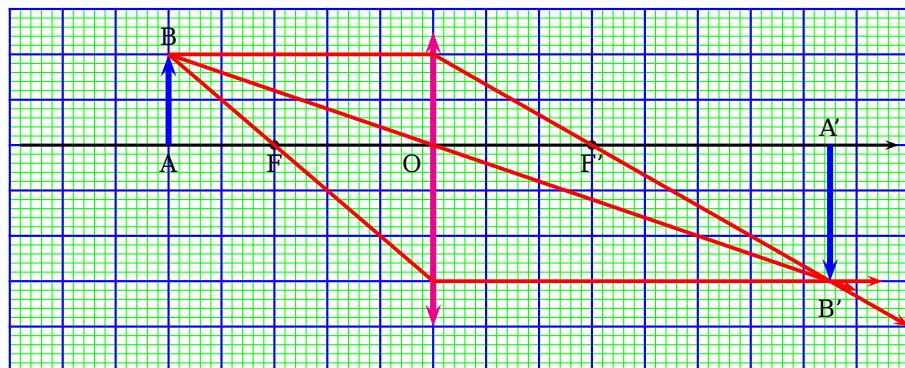
Lentille mince convergente

1. Objet réel ($-\infty < \overline{OA} < 2f$)



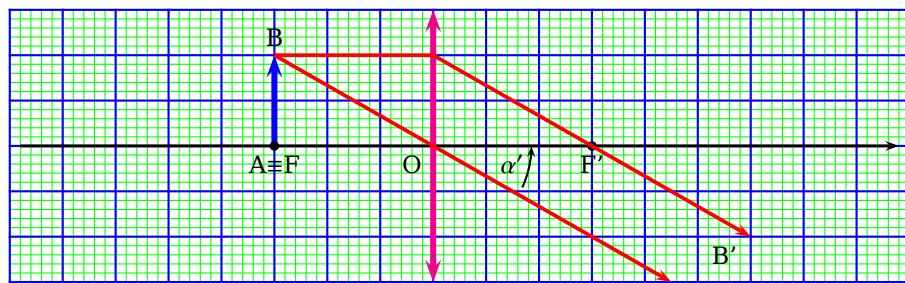
L'image est réelle ,renversée et plus petite que l'objet ($-1 < \gamma < 0$)

2. Objet réel ($2f < \overline{OA} < f$)



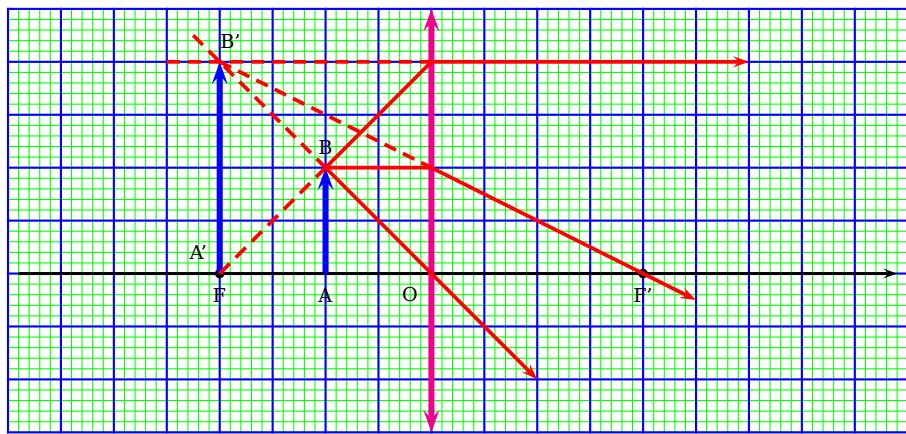
L'image est réelle ,renversée et agrandie ($-\infty < \gamma < -1$)

3. Objet réel dans le plan focal objet ($\overline{OA} = f$)



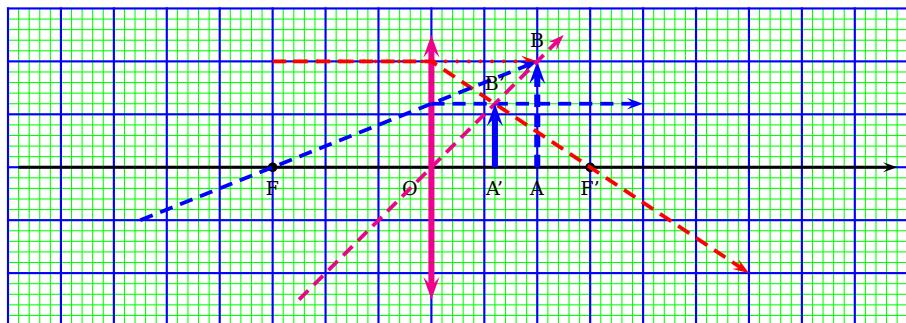
$$\text{L'image à l'infini : } \alpha' = \frac{AB}{f'}$$

4. Objet réel entre le plan focal objet et la lentille ($f < \overline{OA} < 0$)



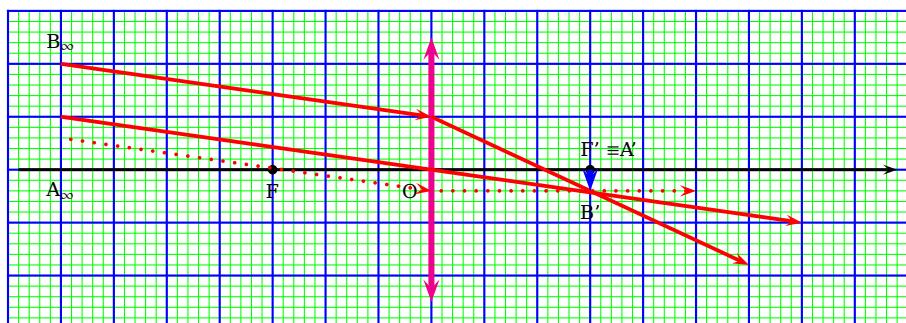
L'image est virtuelle , droite et agrandie

5. Objet virtuel ($0 < \overline{OA} < +\infty$)



L'image est réelle , droite et plus petite que l'objet

6. Objet réel à l'infini ($\overline{OA} \rightarrow -\infty$)



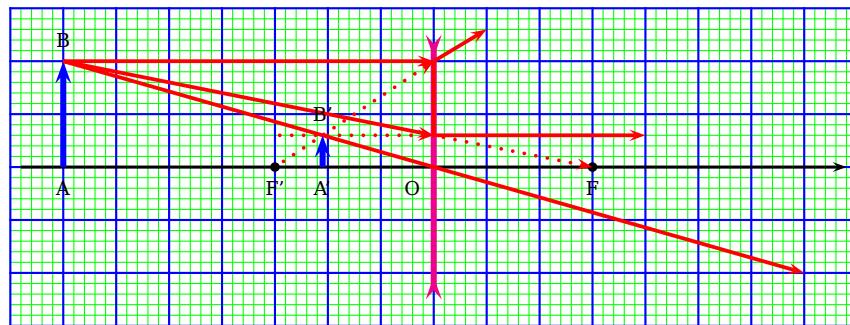
L'image est réelle dans le plan focal image $A' \equiv F'$

Remarque

Seul un objet situé entre le plan focal objet et la lentille donne une image virtuelle.

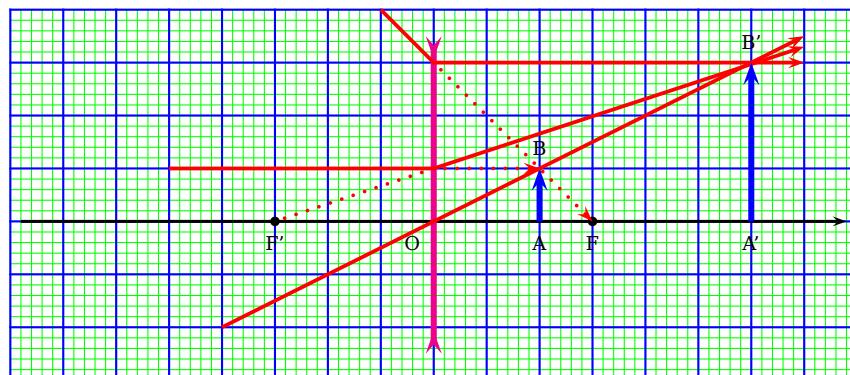
Activité**Lentille mince divergente**

1. L'objet est réel $\overline{OA} < 0$



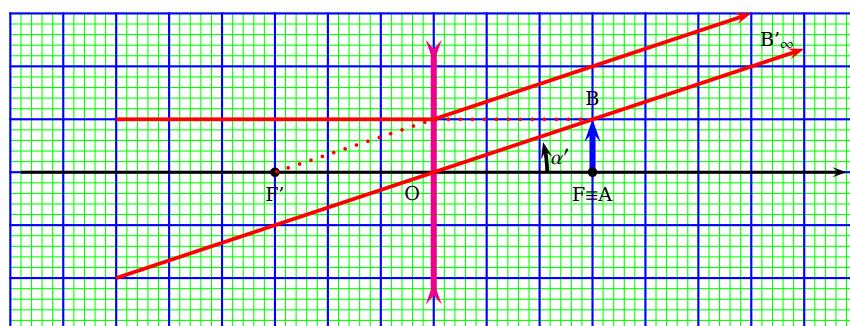
L'image est virtuelle droite et plus petite que l'objet

2. L'objet est virtuel entre le plan focal objet et la lentille $0 < \overline{OA} < f$



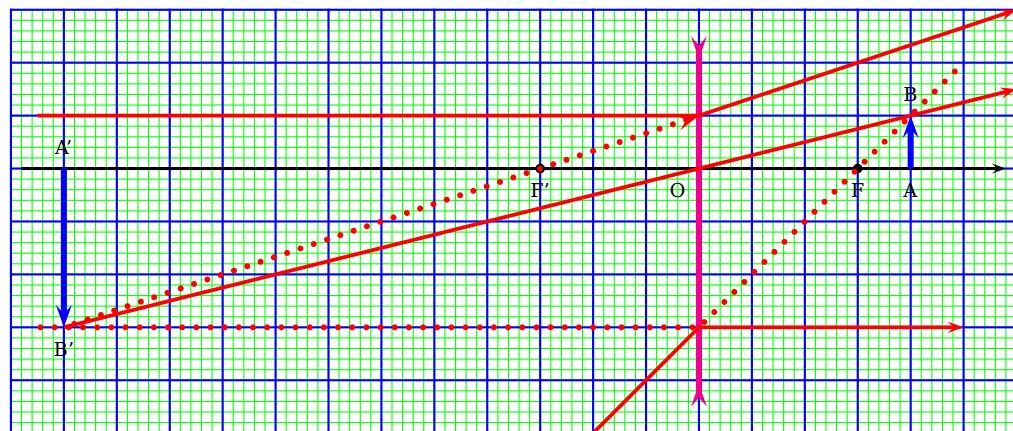
L'image est réelle droite et plus grande que l'objet.

3. L'objet est virtuel dans le plan focal objet $\overline{OA} = f$



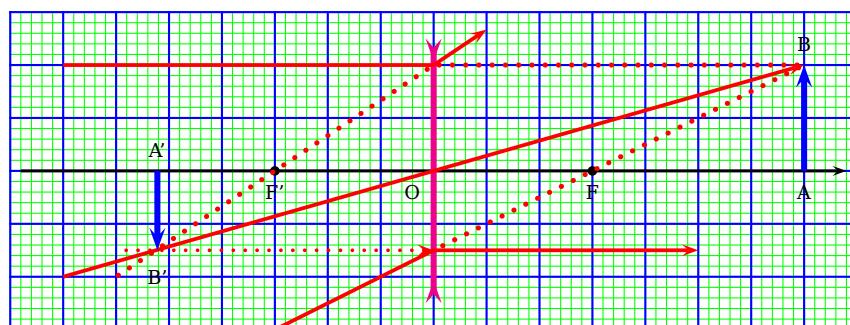
L'image est rejetée à l'infini $\alpha' = \frac{AB}{f}$

4. L'objet est virtuel $f < \overline{OA} < 2f$



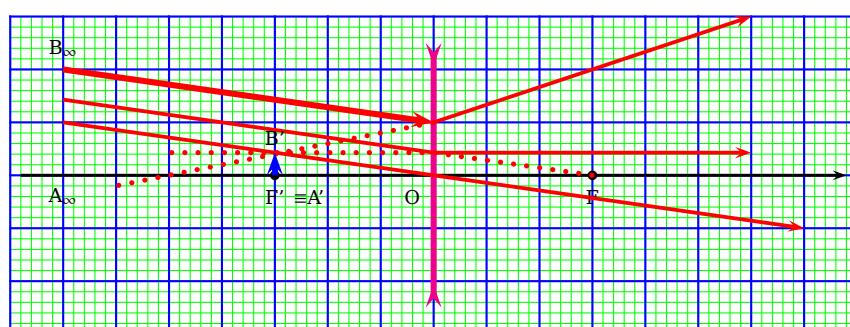
L'image est virtuelle renversée et plus grande que l'objet

5. L'objet est virtuel $2f < \overline{OA} < +\infty$



L'image est virtuelle renversée et plus petite que l'objet

6. L'objet est réel à l'infini $\overline{OA} = -\infty$



L'image est virtuelle dans le plan focal image

Remarque

Seul un objet virtuel placé entre la lentille divergente et le plan focal objet donne une image réelle.

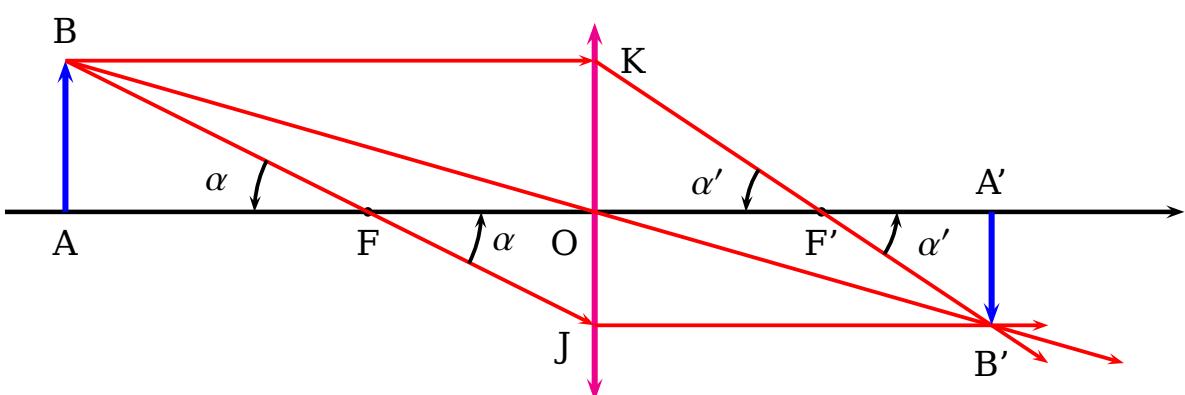
2.3.6 Grandissement transversal-Formule de Newton :

Soit (A,B) un objet et (A',B') son image à travers un système optique.
On définit le grandissement transversal de l'instrument optique par :

$$\mathcal{G}_t = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

Remarque

- ▶ $\mathcal{G}_t > 0 \Rightarrow$ l'image est droite (l'objet et l'image ont même sens).
- ▶ $\mathcal{G}_t < 0 \Rightarrow$ l'image est renversée (l'objet et l'image ont des sens opposés).
- ▶ $|\mathcal{G}_t| > 1 \Rightarrow$ l'image est plus grande que l'objet .
- ▶ $|\mathcal{G}_t| < 1 \Rightarrow$ l'image est plus petite que l'objet .



On a : $\tan \alpha = \frac{\overline{AB}}{\overline{AF}} = \frac{\overline{OJ}}{\overline{OF}} \Rightarrow \mathbb{G}_t = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{f}}{\overline{AF}} \quad (1)$

$$\tan \alpha' = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A'F'}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{OF'}} \Rightarrow \mathbb{G}_t = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'F'}}{\overline{OF'}} = \frac{\overline{f'}}{\overline{f}} \quad (2)$$

(1) = (2) \Rightarrow la formule de Newton

$$\overline{AF} \cdot \overline{A'F'} = \overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = f f' = -f^2 = -f'^2$$

Conséquences

On a :

$$\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f^2 < 0$$

- Si $\overline{FA} < 0$ (l'objet est situé avant le foyer objet) alors $\overline{F'A'} > 0$ (l'image se forme après le foyer image).



- Si $\overline{FA} > 0$ (l'objet est situé après le foyer objet) alors $\overline{F'A'} < 0$ (l'image se forme avant le foyer image).



2.3.7 Relation de conjugaison

Dans l'air on a :

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

En effet :

$$\begin{aligned}\overline{F'A'} &= \overline{OA'} - \overline{OF'} = \overline{OA'} - f' \implies \overline{OA'} = \overline{F'A'} + f' \\ \overline{FA} &= \overline{OA} - \overline{OF} = \overline{OA} - f \implies \overline{OA} = \overline{FA} - f'\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} &= \frac{1}{\overline{F'A'} + f'} - \frac{1}{\overline{FA} - f'} \\ &= \frac{\overline{FA} - f' - \overline{F'A'} - f'}{\overline{F'A'} \cdot \overline{FA} + f'(\overline{FA} - \overline{F'A'}) - f'^2} \\ &= \frac{1}{f'}\end{aligned}$$

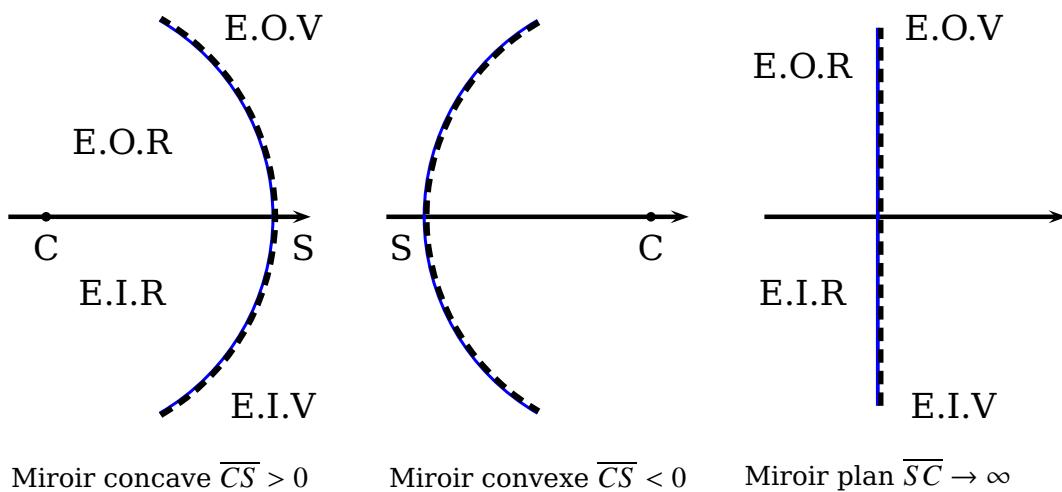
2.4 Miroirs sphériques dans les C.G.

2.4.1 Définitions

Définition

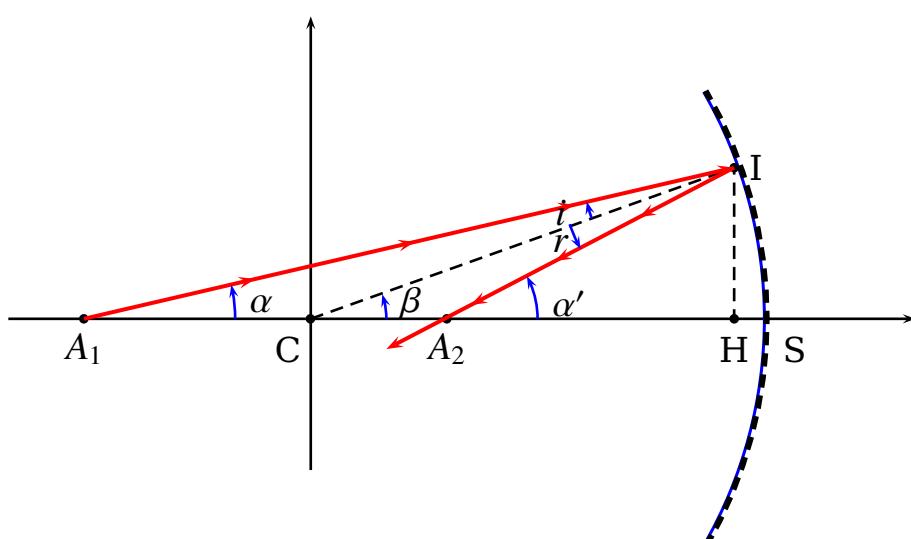
Une surface réfléchissante de forme sphérique

On distingue :



2.4.2 Relation de conjugaison

La relation de conjugaison pour le miroir sphérique est :



Condition de Gauss entraîne que H et S sont presque confondu et on a donc :

$$\alpha = -\frac{\overline{HI}}{\overline{SA_1}} > 0, \alpha' = -\frac{\overline{HI}}{\overline{SA_2}} > 0 \text{ et } \beta = -\frac{\overline{HI}}{\overline{SC}} > 0$$

Ainsi :

$$\alpha + \pi - \beta - i = \pi \implies i = \alpha - \beta$$

De même :

$$\beta + i' + \pi - \alpha' = \pi \implies i' = \alpha' - \beta$$

Or d'après la relation de D.S pour la réflexion on a $i = -i'$ donc

$$2\beta = \alpha + \alpha'$$

► Origine au sommet S :

$$\frac{1}{\overline{SA_1}} + \frac{1}{\overline{SA_2}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

C'est la relation de conjugaison du miroir sphérique avec origine au sommet.

Remarque

Origine au centre C

$$\frac{1}{\overline{CA_1}} + \frac{1}{\overline{CA_2}} = \frac{2}{\overline{CS}}$$

2.4.3 Grandissement transversal

$$\gamma = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}}$$

► Foyers :

- ▶ Foyer principal image F_2 :

$$A_1 \rightarrow \infty \implies A_2 \rightarrow F_2$$

$$\overline{SF_2} = \frac{\overline{SC}}{2}$$

- Foyer principal objet F_1 :
- $A_2 \rightarrow \infty \implies A_1 \rightarrow F_1$

$$\overline{SF_1} = \frac{\overline{SC}}{2}$$

Conclusion:

Pour un miroir sphérique et dans les conditions de Gauss , on a:

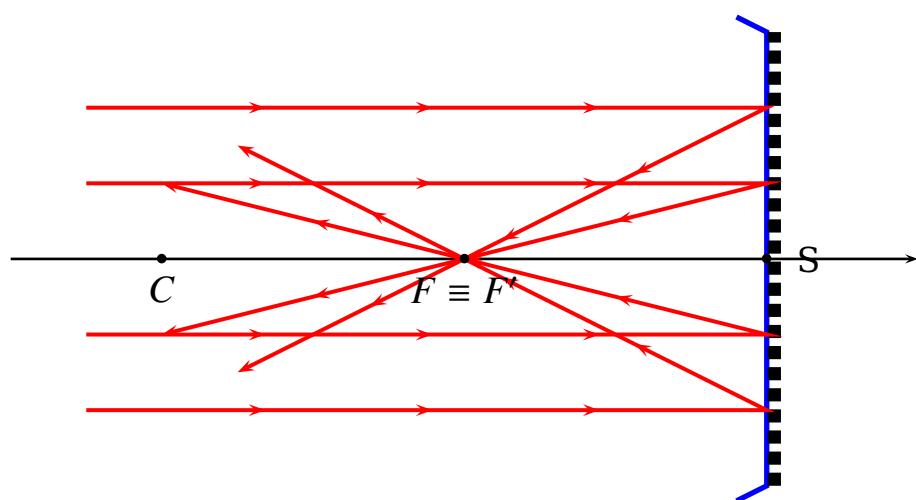
$$F_1 \equiv F_2 \equiv F$$

2.4.4 Formation de l'image

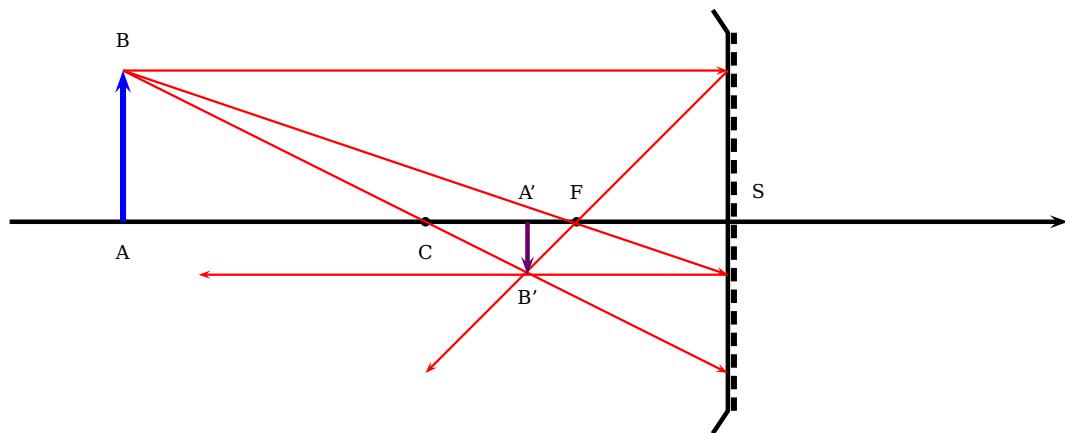
2.4.4.1 Miroirs concaves ou convergents

Dans ce cas $\overline{SC} < 0$ et la distance focal $f = \overline{SF} = \overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2} < 0$ ainsi le foyer F est réel.

Le miroir concave est convergent en effet :

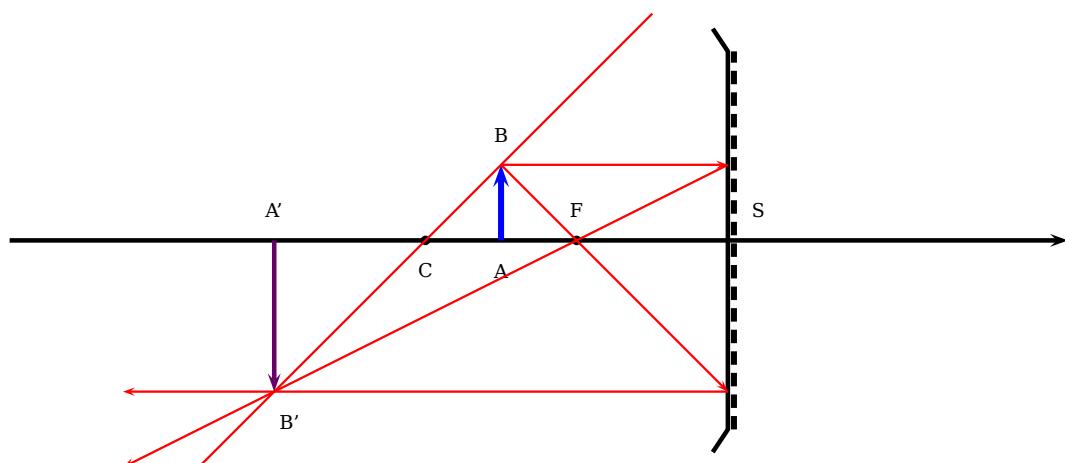


1. L'objet est réel avec $-\infty < \overline{SA} < 2f$



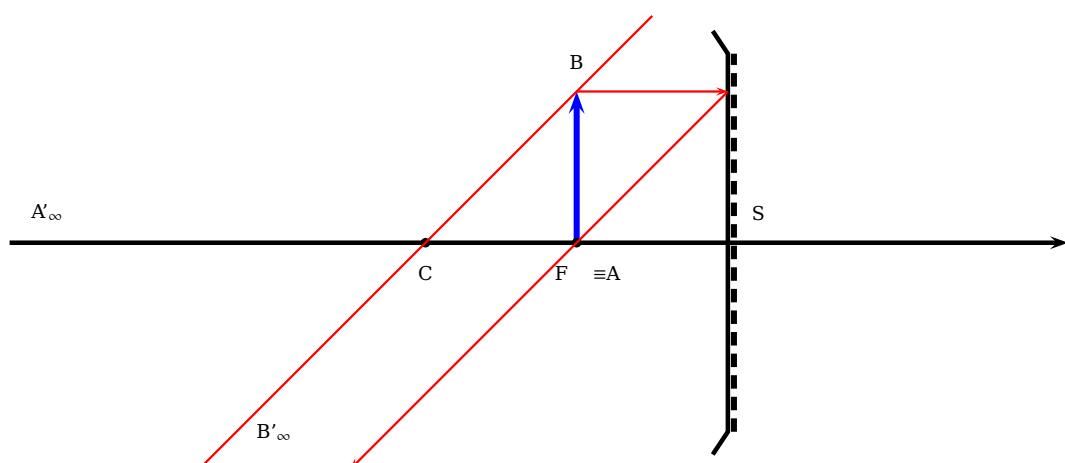
L'image est réelle renversée et plus petite que l'objet

2. L'objet est réel avec $2f < \overline{SA} < f$



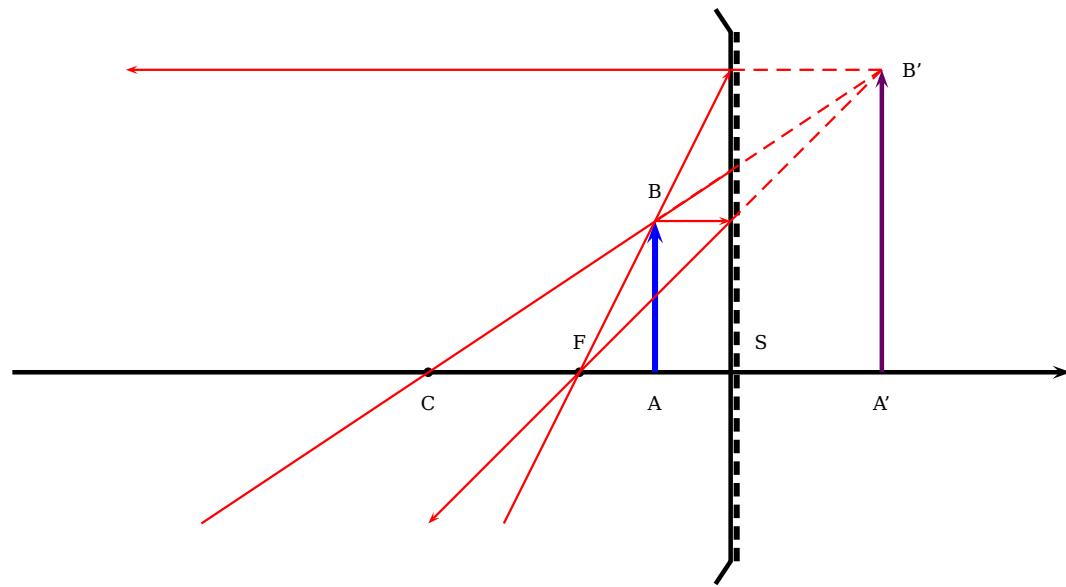
L'image est réelle renversée et plus grande que l'objet

3. L'objet est réel dans le plan focal objet $\overline{SA} = f$



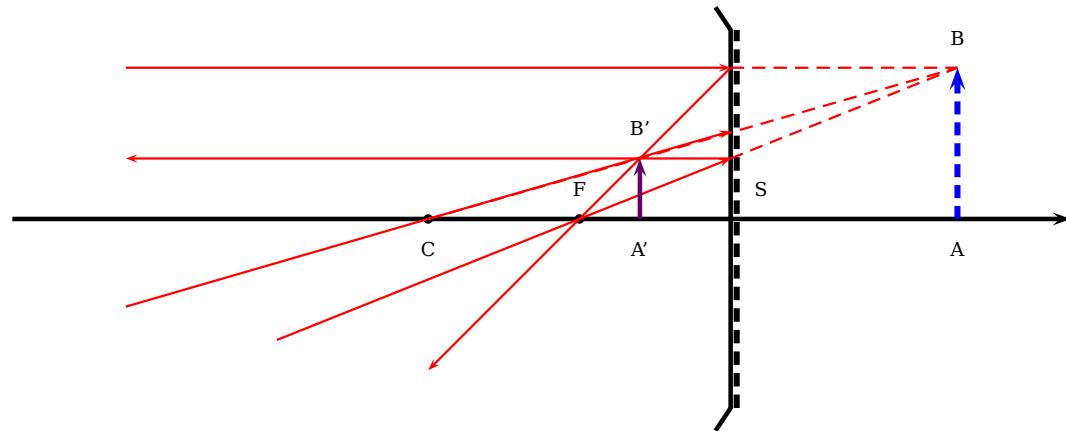
L'image est rejetée à l'infini $\alpha' = \frac{AB}{f}$

4. L'objet est réel entre le plan focal objet et le miroir $f < \overline{SA} < 0$



L'image est virtuelle droite et plus grande que l'objet

5. L'objet est virtuel $0 < \overline{SA} < \infty$



L'image est réelle droite et plus petite que l'objet

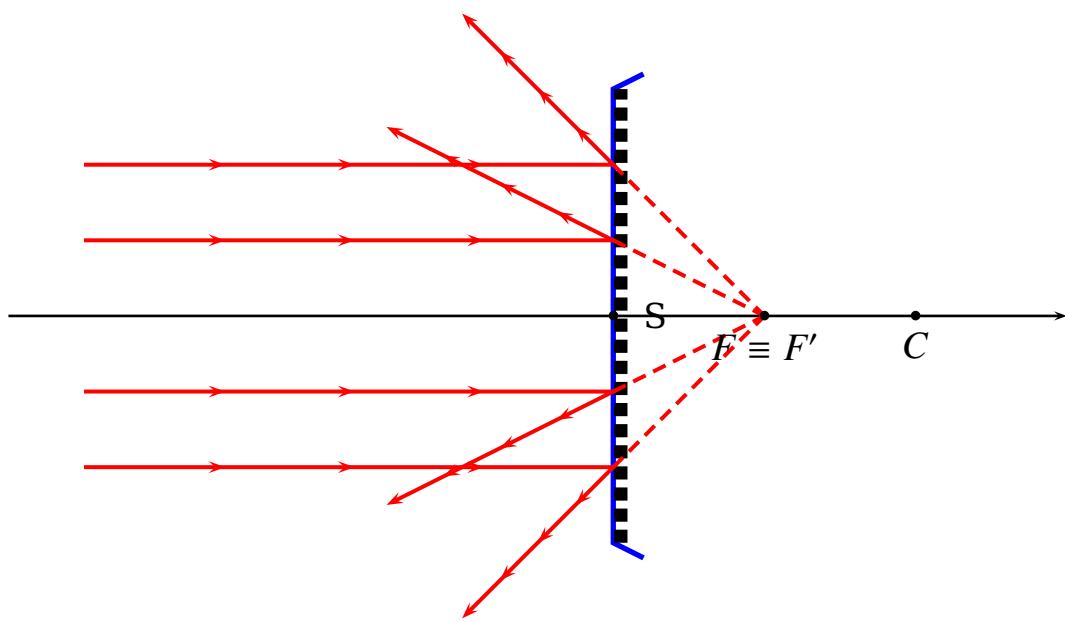
Remarque

Le seul cas où l'image est virtuelle correspond à un objet réel entre le plan focal est le miroir sphérique convergent.

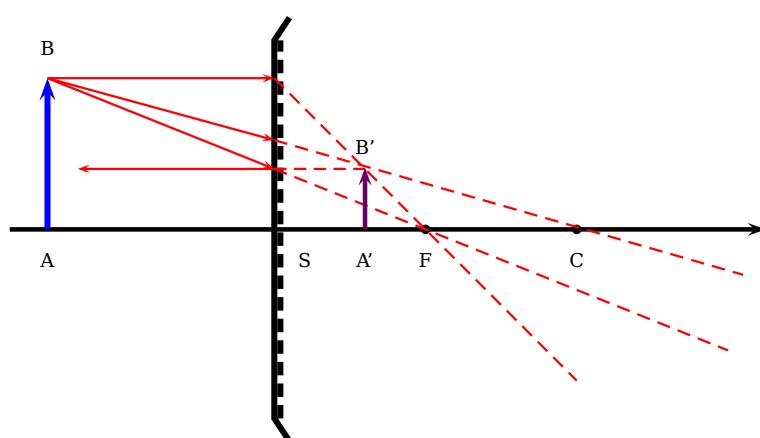
2.4.4.2 Miroirs convexes ou divergents

Dans ce cas $\overline{SC} > 0$ et la distance focal $f = \overline{SF} = \overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2} > 0$ ainsi le foyer F est virtuel.

Le miroir convexe est divergent en effet :

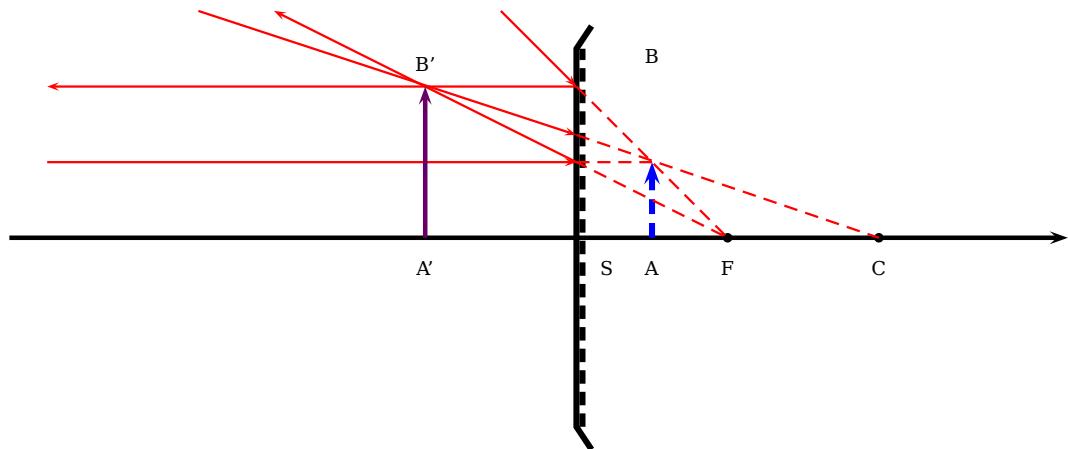


1. L'objet est réel avec $\overline{SA} < 0$



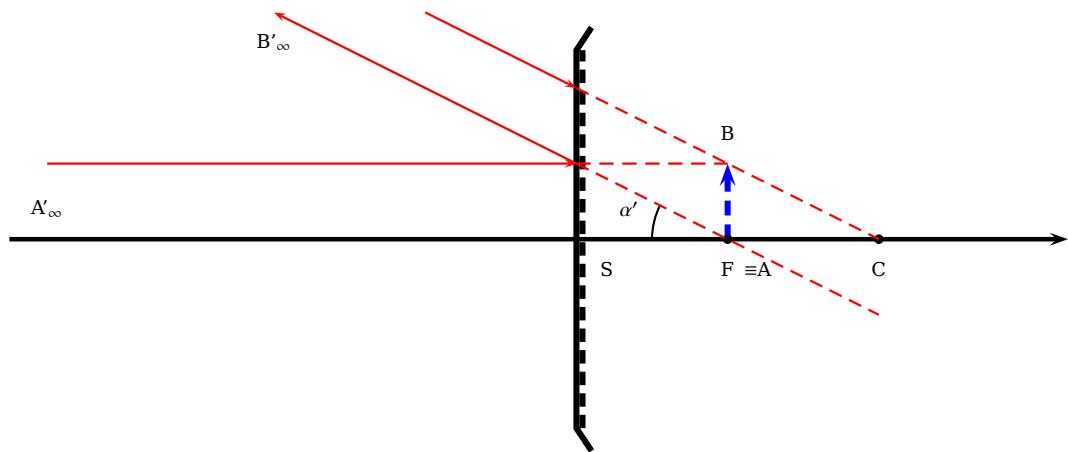
L'image est virtuelle droite et plus petite que l'objet

2. L'objet est virtuel entre le plan focal et le miroir $0 < \overline{SA} < f$



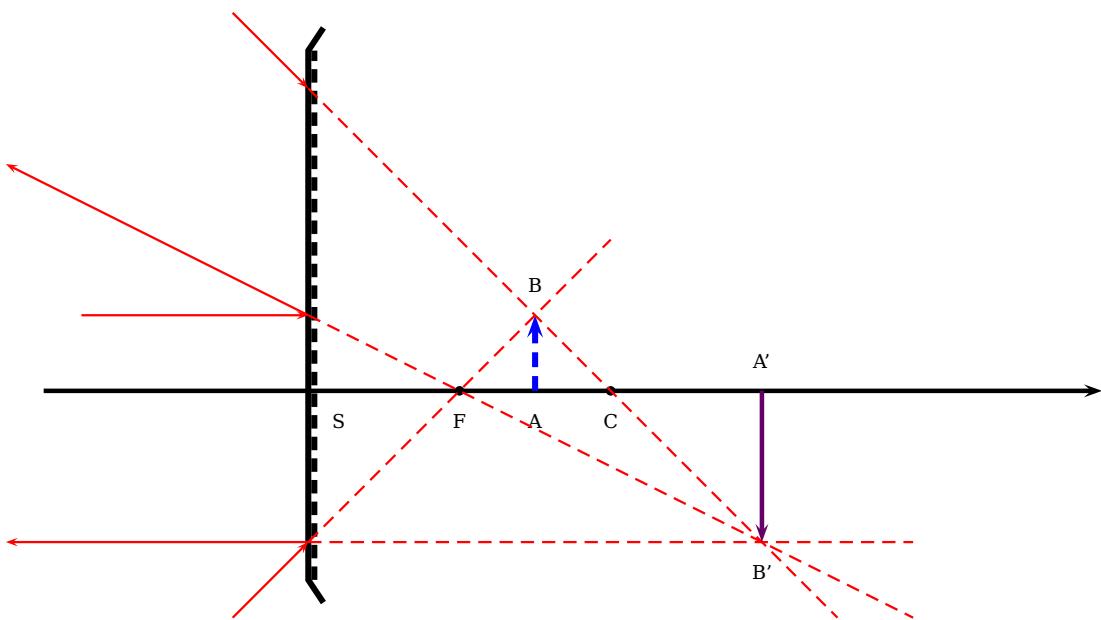
L'image est réelle droite et plus grande que l'objet

3. L'objet est virtuel dans le plan focal $\overline{SA} = f$



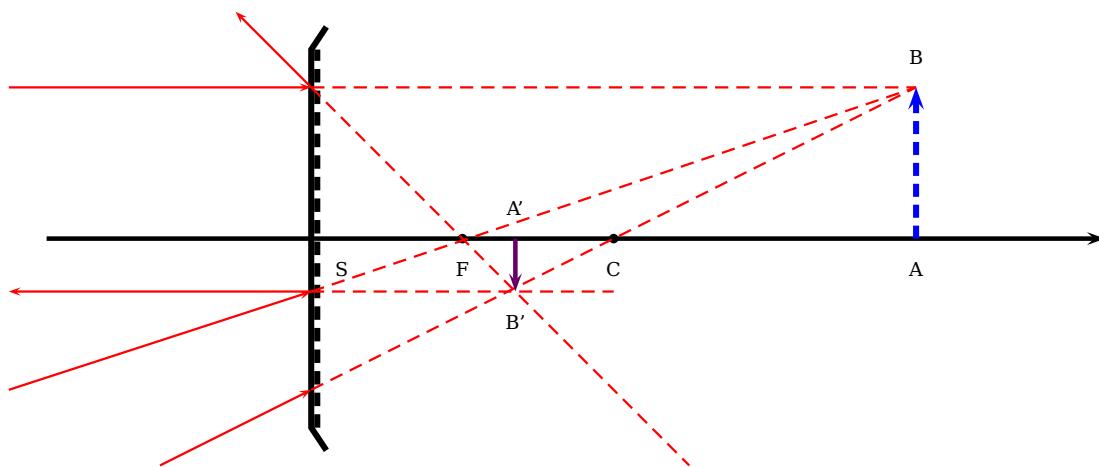
L'image est rejeté à l'infini $a' = \frac{AB}{f}$

4. L'objet est virtuel dans le plan focal $f < \overline{SA} < 2f$



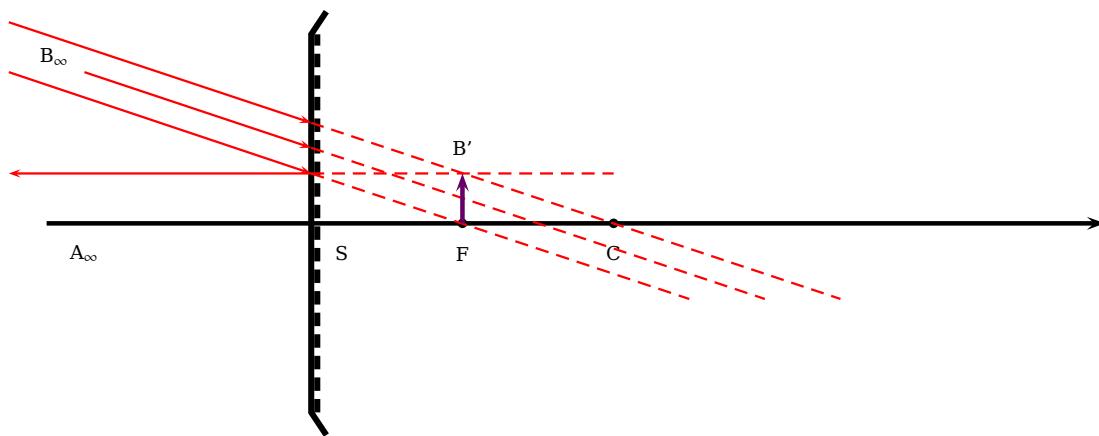
L'image est virtuelle inversée et plus grande que l'objet

5. L'objet est virtuel $2f < \overline{SA} < \infty$



L'image est virtuelle inversée et plus petite que l'objet

6. L'objet est réel rejeté à l'infini $\overline{SA} = -\infty$



L'image est virtuelle dans le plan focal $\overline{SA} = f$

Remarque

Le miroir plan :

La relation de conjugaison s'écrit :

$$\overline{SA'} = -\overline{SA}$$

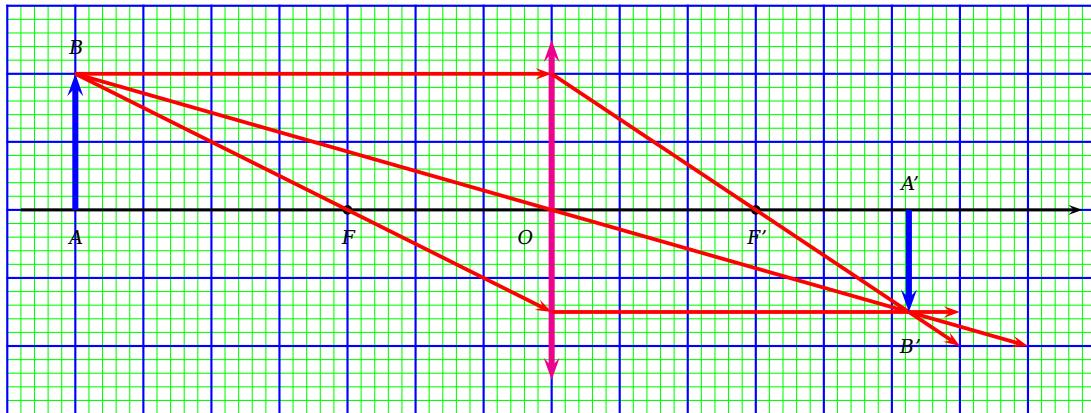
C'est

à dire :

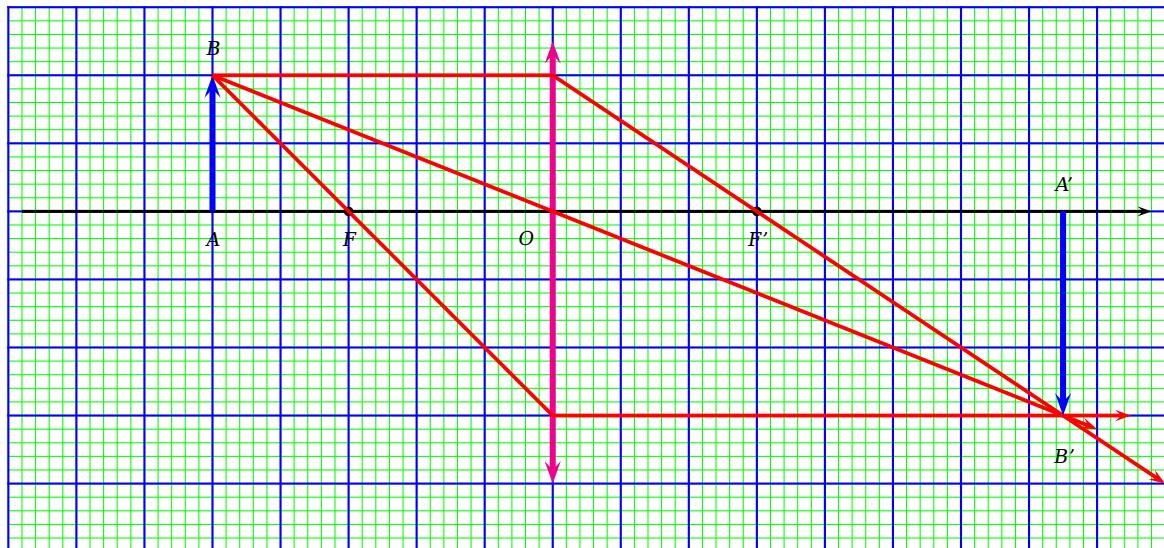
- ▶ S,A et A' sont alignés
- ▶ S milieu du segment [A,A']
- ▶ L'objet et l'image sont de nature différente

Application 1 Lentille mince convergente

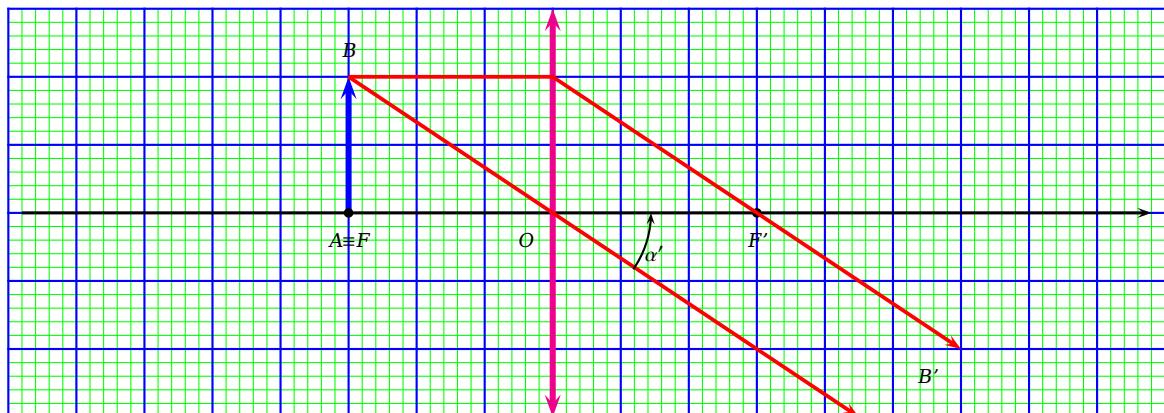
1. *Objet réel ($-\infty < \overline{OA} < 2f$)*



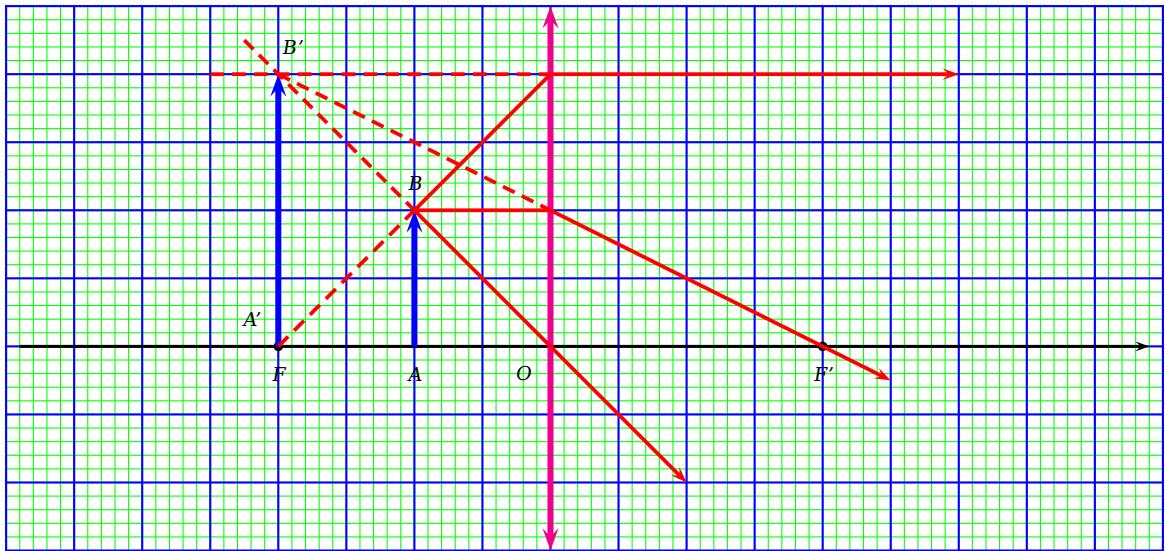
2. *Objet réel ($2f < \overline{OA} < f$)*



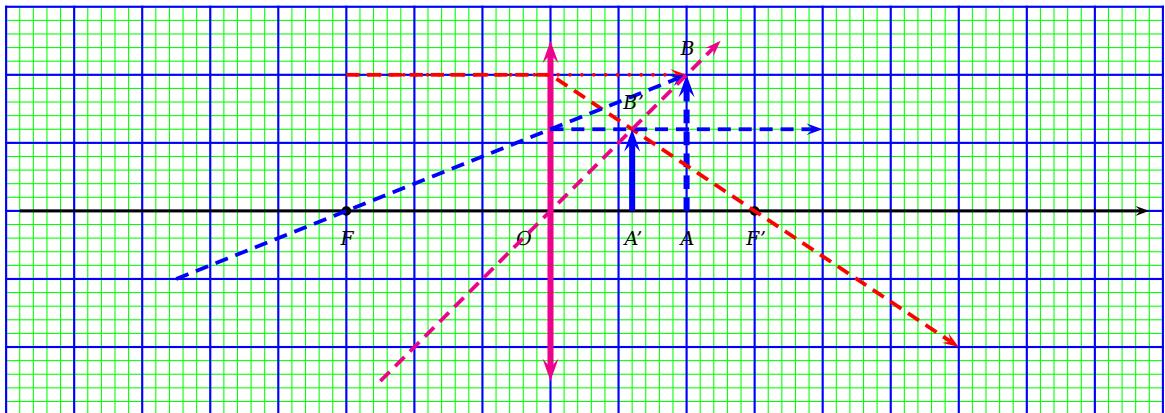
3. *Objet réel dans le plan focal objet ($\overline{OA} = f$)*



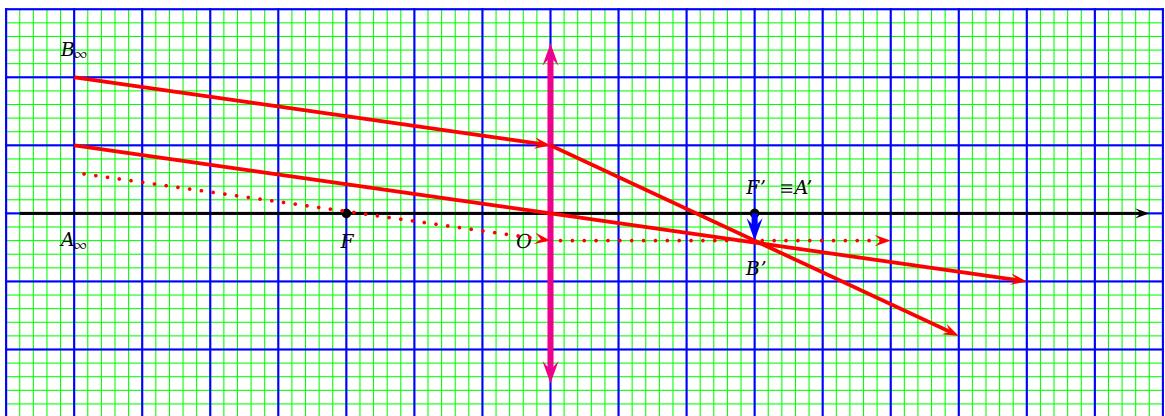
4. *Objet réel entre le plan focal objet et la lentille ($-\infty < \overline{OA} < 2f$)*



5. *Objet virtuel ($0 < \overline{OA} < +\infty$)*

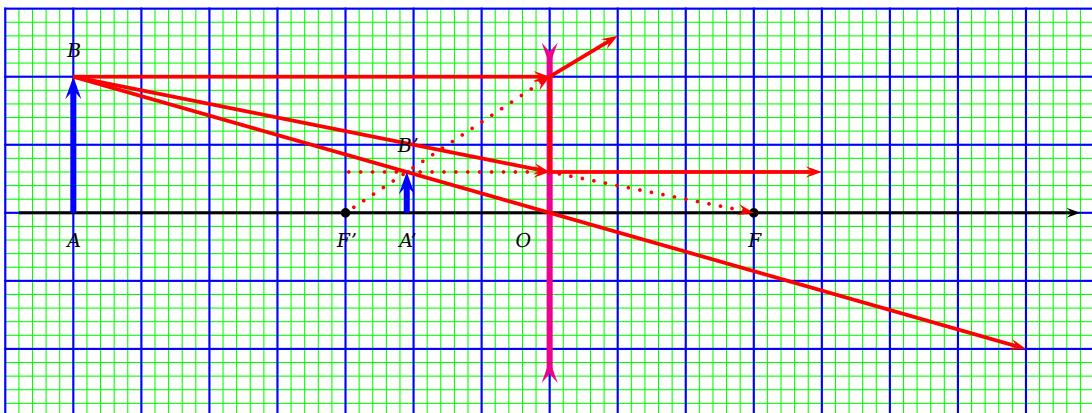


6. *Objet réel à l'infini ($\overline{OA} \rightarrow -\infty$)*



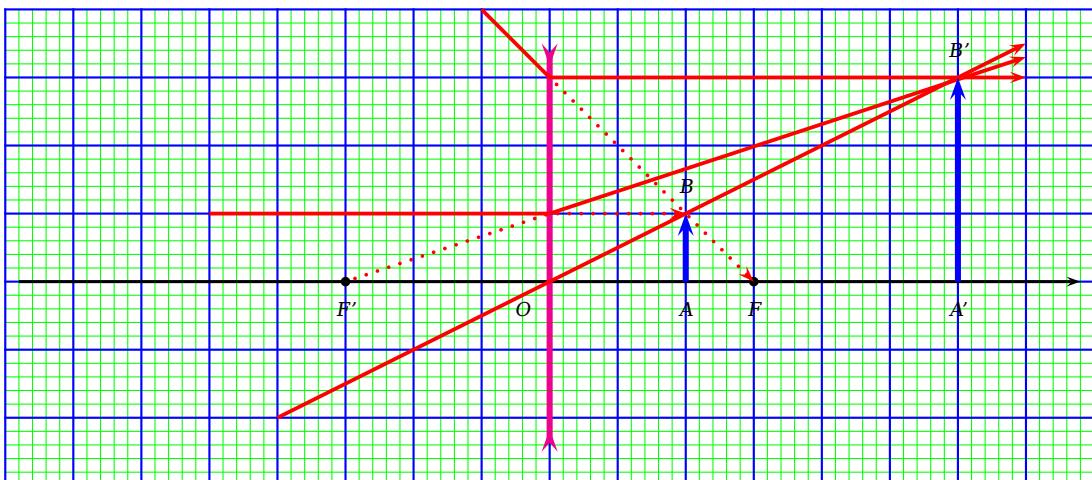
Application 2 Lentille mince divergente

1. L'objet est réel $\overline{OA} < 0$



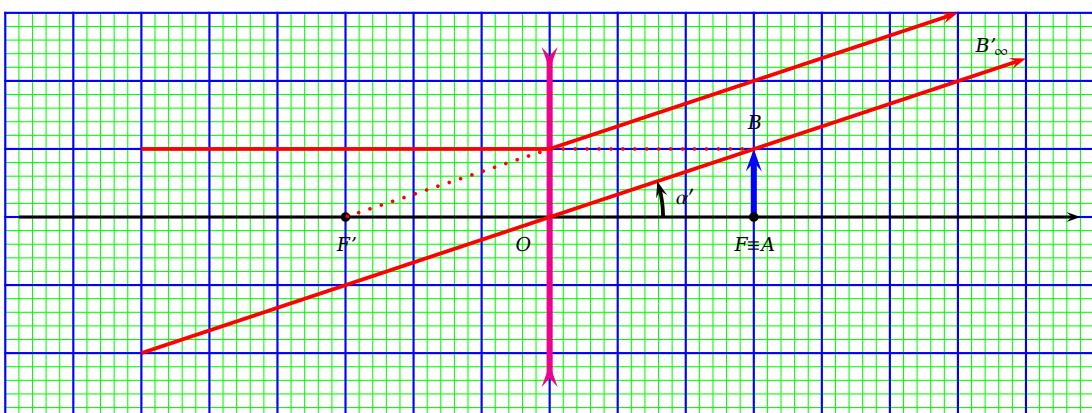
L'image est virtuelle droite et plus petite que l'objet

2. L'objet est virtuel entre le plan focal objet et la lentille $0 < \overline{OA} < f$



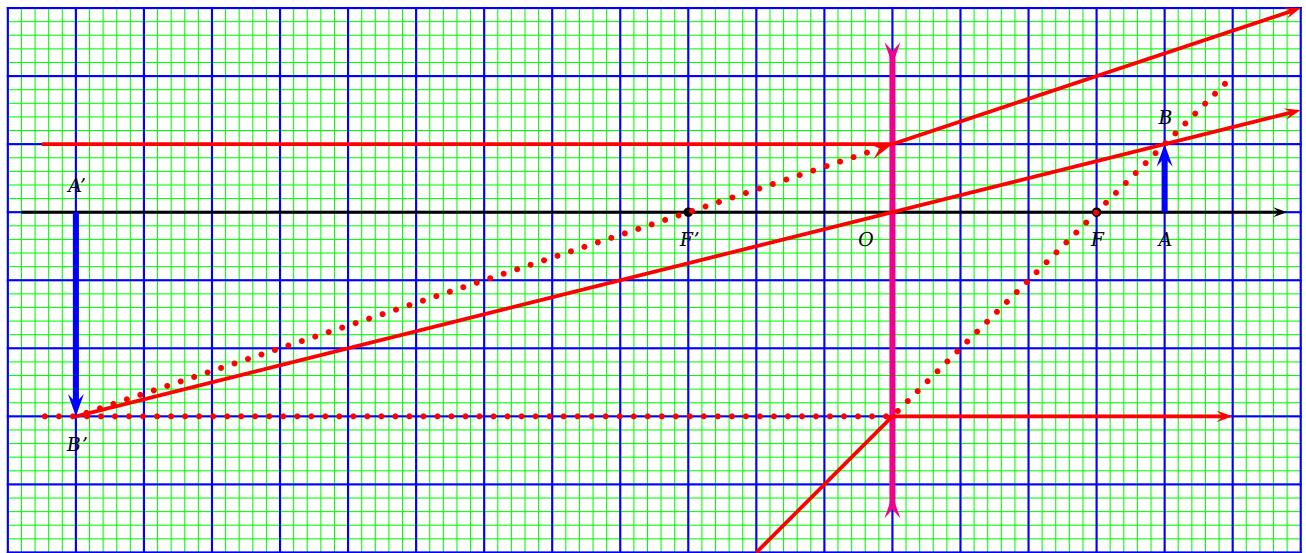
L'image est réelle droite et plus grande que l'objet.

3. L'objet est virtuel dans le plan focal objet $\overline{OA} = f$



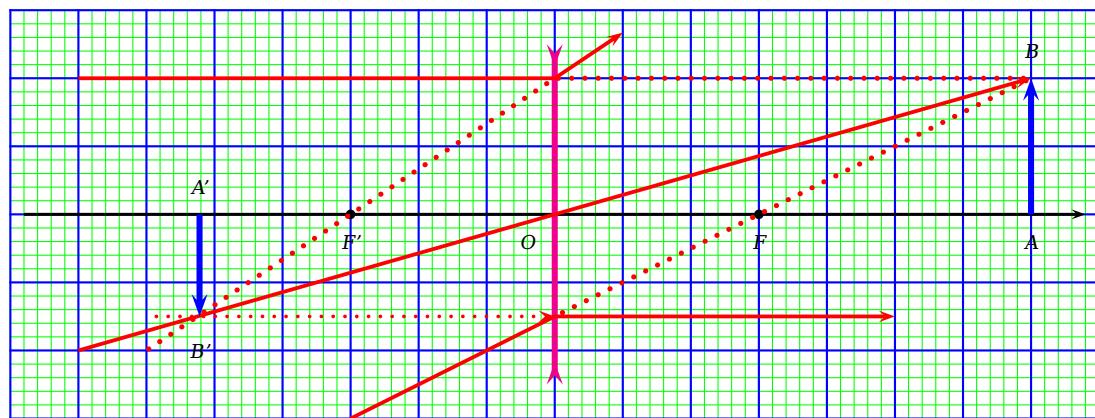
L'image est rejetée à l'infini $a' = \frac{AB}{f}$

4. L'objet est virtuel $f < \overline{OA} < 2f$



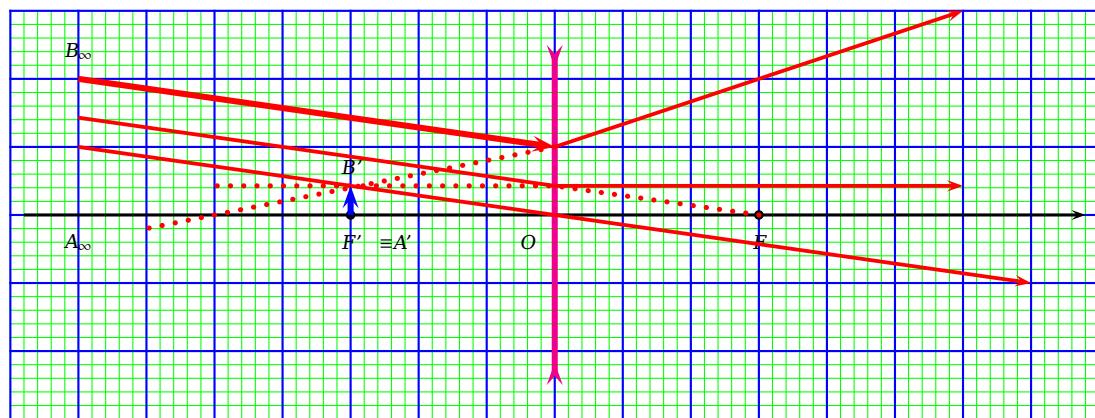
L'image est virtuelle renversée et plus grande que l'objet

5. L'objet est virtuel $2f < \overline{OA} < +\infty$



L'image est virtuelle renversée et plus petite que l'objet

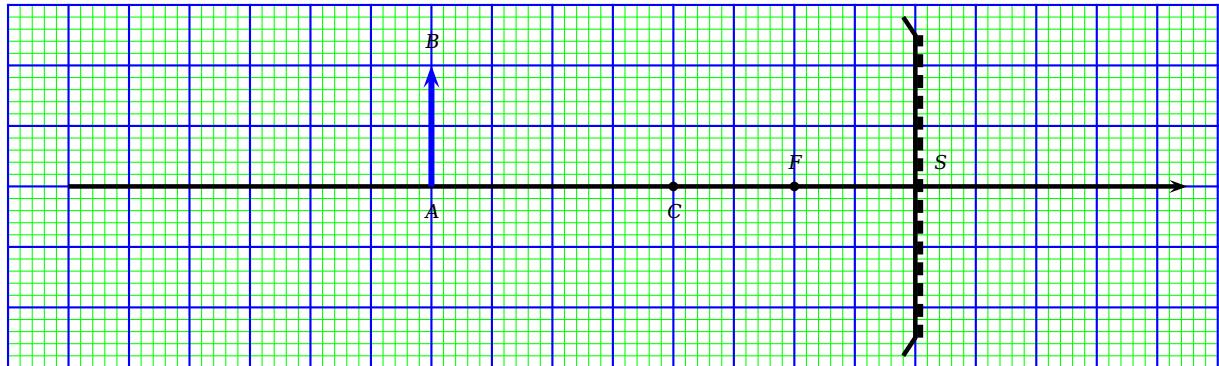
6. L'objet est réel à l'infini $\overline{OA} = -\infty$



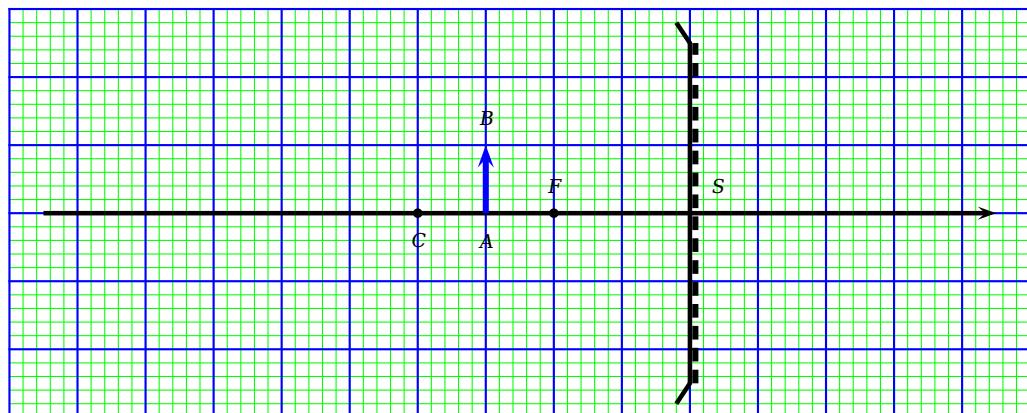
L'image est virtuelle dans le plan focal image

Application 3 Miroirs concave ou convergents

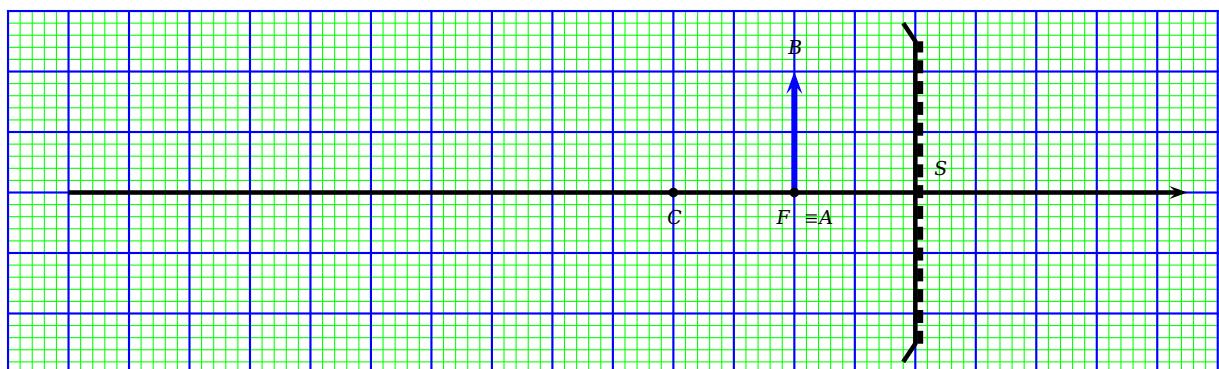
1. L'objet est réel avec $-\infty < \overline{SA} < 2f$



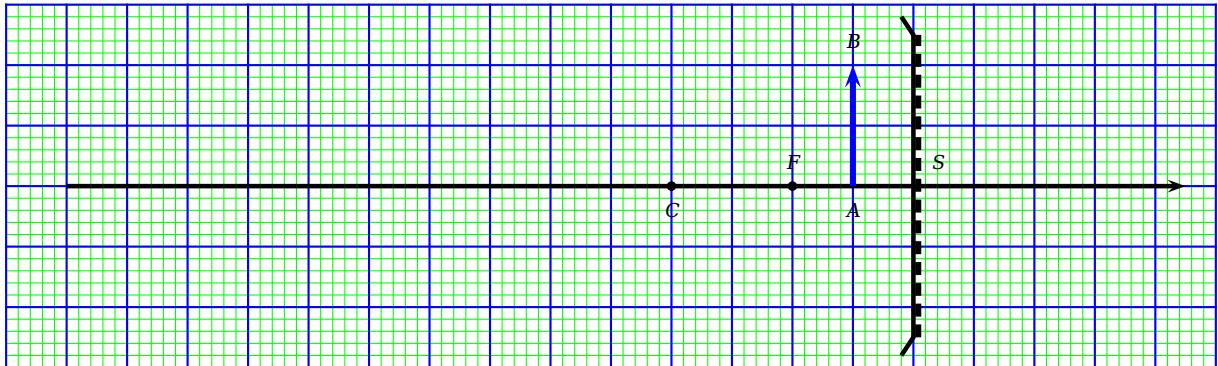
2. L'objet est réel avec $2f < \overline{SA} < f$



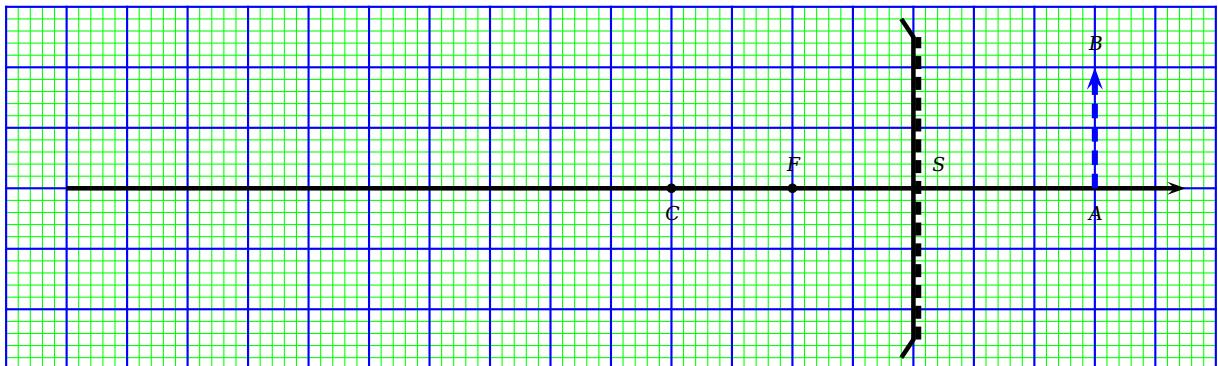
3. L'objet est réel dans le plan focal objet $\overline{SA} = f$



4. L'objet est réel entre le plan focal objet et le miroir $-\infty < \overline{SA} < 2f$

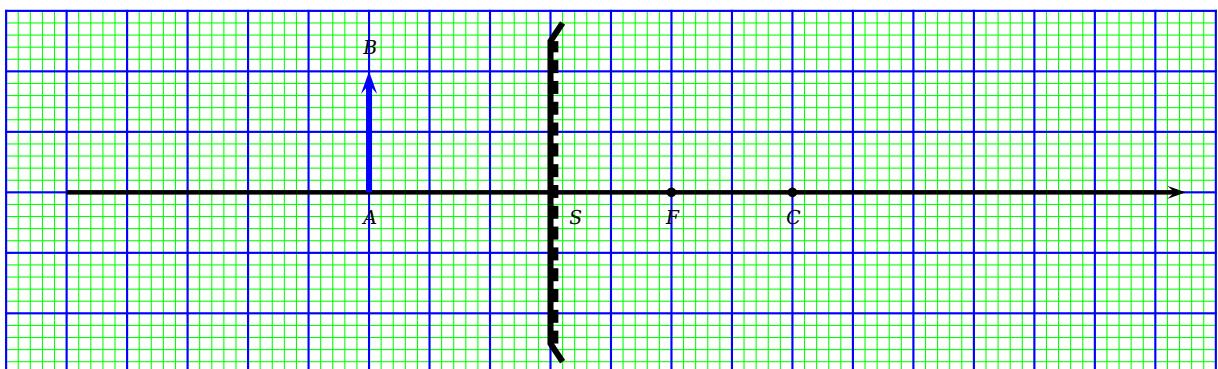


5. L'objet est virtuel $0 < \overline{SA} < \infty$

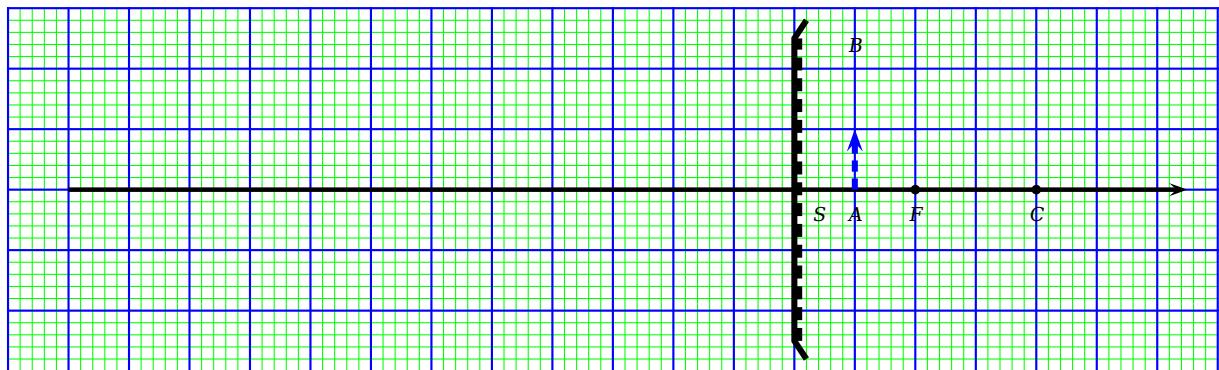


Application 4 Miroirs convexes ou divergents

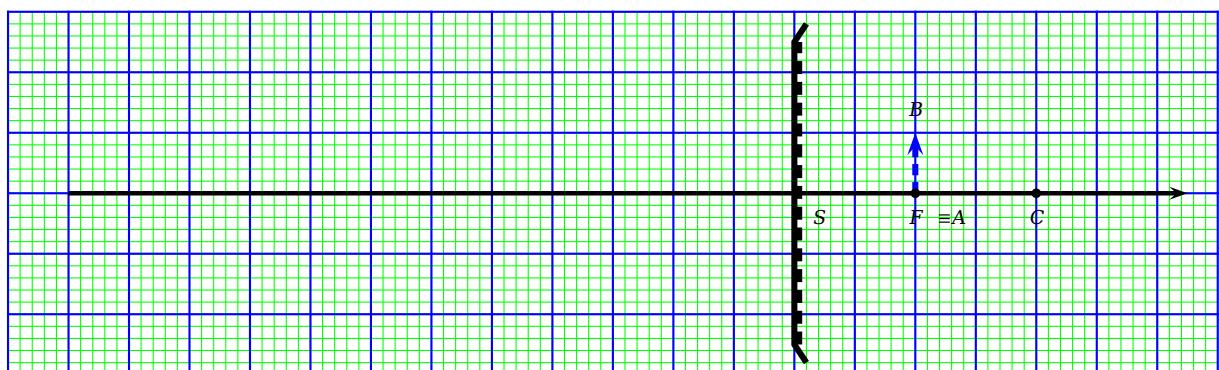
1. L'objet est réel avec $\overline{SA} < 0$



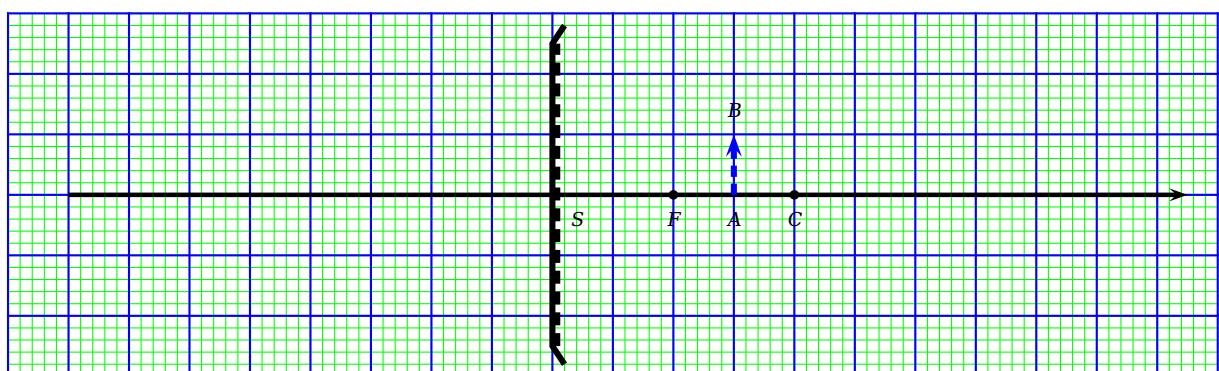
2. L'objet est virtuel entre le plan focal et le miroir $0 < \overline{SA} < f$



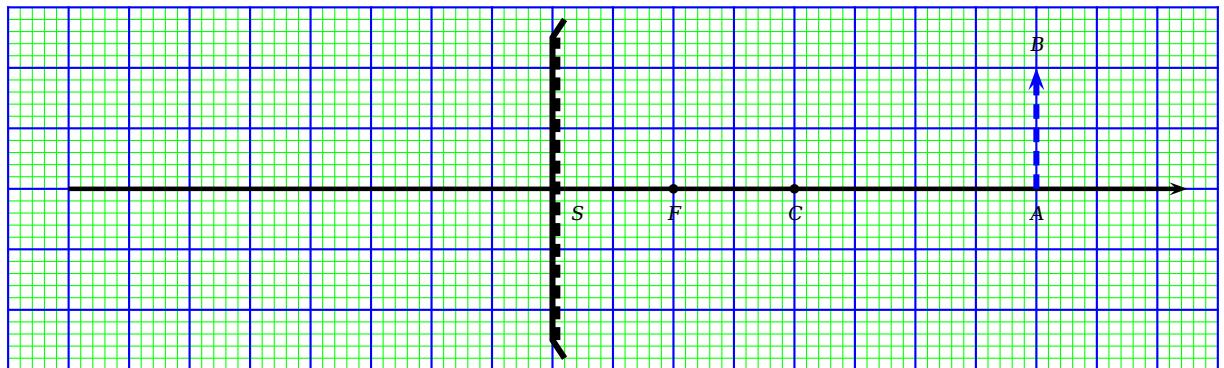
3. L'objet est virtuel dans le plan focal $\overline{SA} = f$



4. L'objet est virtuel dans le plan focal $f < \overline{SA} < 2f$



5. L'objet est virtuel $2f < \overline{SA} < \infty$



6. L'objet est réel rejeté à l'infini $\overline{SA} = -\infty$

