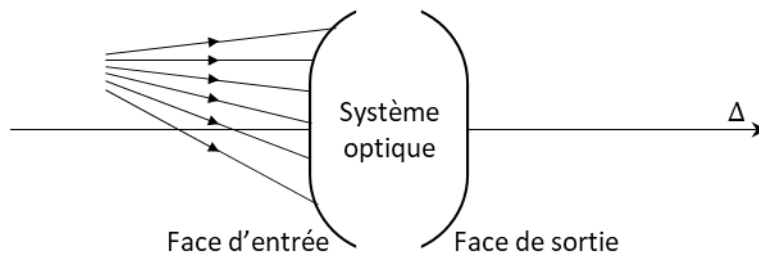




I - Définitions

I.1 - Systèmes centrés

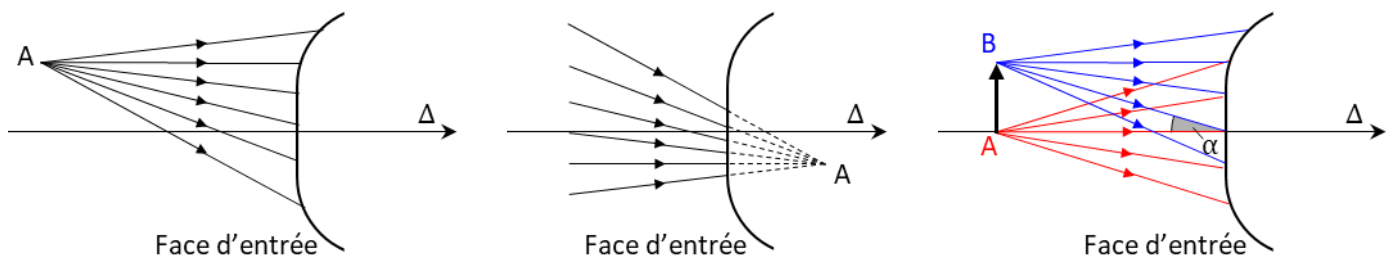
Un système optique dit **centré** s'il possède un axe de révolution, appelé **axe optique** et noté Δ . L'axe optique est toujours orienté et indique le sens de propagation de la lumière incidente.



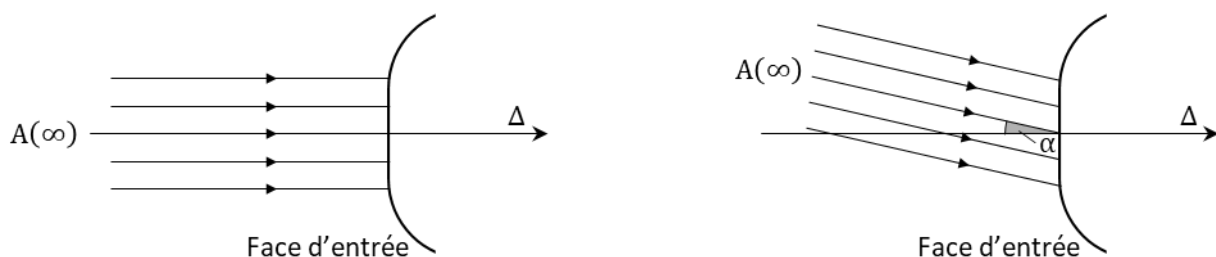
I.2 - Objets

Vocabulaire :

- Un **point objet** A est un point où se croisent (ou semblent se croiser, en prolongeant les rayons) les rayons lumineux incidents.
- Un ensemble de points objets forme un **objet**. Les grandeurs pertinentes qui le caractérisent sont sa taille (AB) et l'angle α sous lequel est vu l'objet par le système optique.
- Un objet est dit **réel** lorsqu'il se trouve avant la face d'entrée du système optique. Un tel objet peut être manipulé expérimentalement.
- Un objet est dit **virtuel** lorsqu'il se trouve après la face d'entrée du système optique. Un tel objet ne peut pas être manipulé expérimentalement.



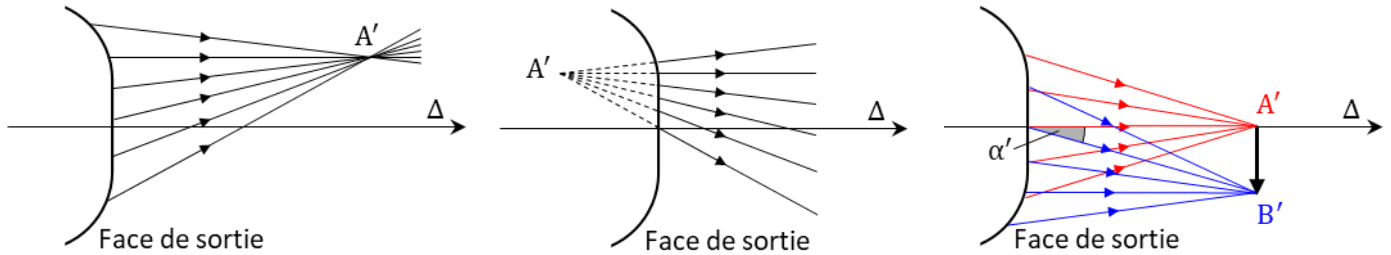
- Un objet est **à l'infini** lorsque tous les rayons lumineux issus de cet objet arrivent sur la face d'entrée parallèles entre eux. Dans ce cas, la taille de l'objet n'a plus d'importance et seul l'angle α sous lequel il est vu compte. Si $\alpha = 0$, l'objet se trouve sur l'axe optique. Si $\alpha \neq 0$, l'objet se trouve hors de l'axe optique.



I.3 - Images

Vocabulaire :

- Un **point image** A' est un point où se croisent (ou semblent se croiser, en prolongeant les rayons) les rayons lumineux émergents.
- Un ensemble de points images forme une **image**. Les grandeurs pertinentes qui la caractérisent sont sa taille ($A'B'$) et l'angle α' sous lequel est vue l'image par le système optique.
- Une image est dite **réelle** lorsqu'elle se trouve après la face de sortie du système optique. Une telle image peut être observée sur un écran.



- Une image est dite **virtuelle** lorsqu'elle se trouve avant la face de sortie du système optique. Une telle image ne peut pas être observée sur un écran.
- Une image est dite **à l'infini** lorsque tous les rayons lumineux émergent de la face de sortie parallèles entre eux. Dans ce cas, la taille de l'image n'a plus d'importance et seul l'angle α sous lequel elle est vue compte. Si $\alpha' = 0$, l'image se trouve sur l'axe optique. Si $\alpha' \neq 0$, l'image se trouve hors de l'axe optique.

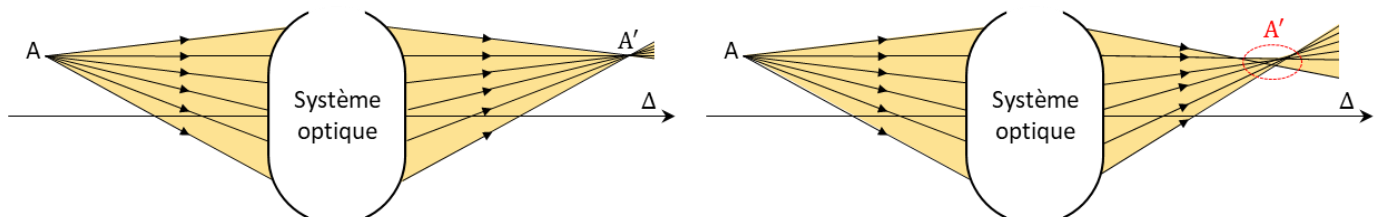


II - Approximation de Gauss

II.1 - Stigmatisme et aplanétisme rigoureux

Définition :

Un système optique \mathcal{S} est dit **rigoureusement stigmatique** pour deux points A et A' si tous les rayons issus de A passent par A' après avoir traversé \mathcal{S} .



Système rigoureusement stigmatique pour (A, A')

Système non stigmatique

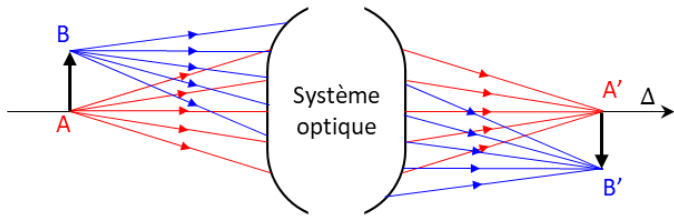
Remarque :

Un système n'est pas nécessairement rigoureusement stigmatique « dans l'absolu ». Il peut l'être pour certains couples de points (A, A') et pas pour d'autres.

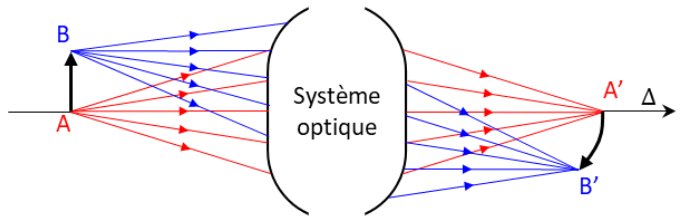
Définition :

Soit A un point objet sur l'axe optique Δ et B un point objet proche de A tel que $(AB) \perp \Delta$.

Un système optique \mathcal{S} est dit **rigoureusement aplanétique** pour deux points A et A' lorsqu'il est rigoureusement stigmatique pour les couples de points (A, A') et (B, B') , et que $(A'B') \perp \Delta$.



Système rigoureusement aplanétique pour (A, A')



Système non aplanétique

Conséquences :

- Non-stigmatique \Rightarrow les points objets deviennent des tâches images \Rightarrow sensation de flou.
- Non aplanétisme \Rightarrow les angles ne sont pas conservés \Rightarrow distorsion des images (coussinet ou barillet)

Dans les deux cas, on parle d'**aberrations géométriques**.

Illustration :

Objet : grille

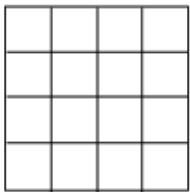


Image : déformation en coussinet

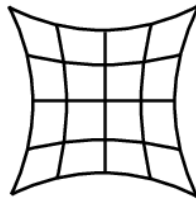
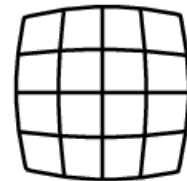


Image : déformation en barillet



II.2 - Stigmatisme approché

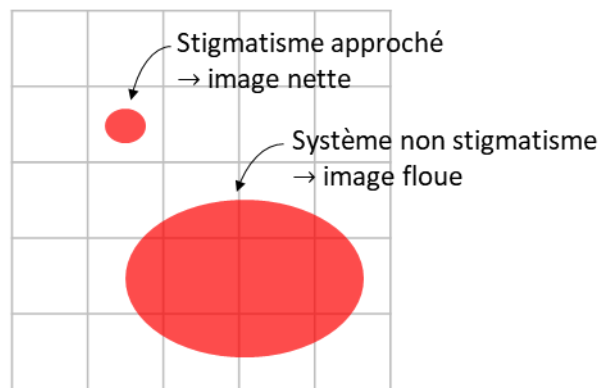
Tout détecteur est composé d'unités élémentaires (pixels pour un capteur CCD, bâtonnets pour l'œil, etc.) de taille caractéristique notée a .

Si l'image d'un point objet est une tâche de taille $d \lesssim a$, alors l'image reste de la meilleure qualité possible pour ce détecteur. On dit que le système réalise un **stigmatisme approché**.

Remarque :

Il est également possible de définir une notion d'aplanétisme approché (HP) mais elle est mathématiquement difficile à définir.

Détecteur numérique 5×5 pixels

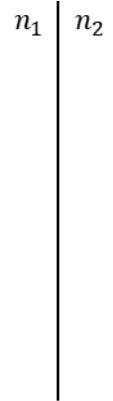


II.3 - Conditions de Gauss

Pour obtenir un stigmatisme et un aplanétisme approchés, il faut travailler dans les **conditions de Gauss**.

II.4 - Application : le dioptre plan

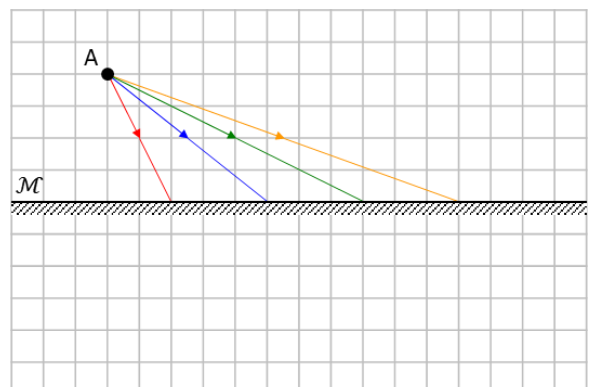
Exercice : Trouver l'image d'un point objet A à travers un dioptre plan (parfaitement non réfléchissant).



III - Miroir plan

III.1 - Construction d'une image

Objectif : Trouver l'image A' d'un point objet A à travers un miroir. On note : $A \xrightarrow{\mathcal{M}} A'$.



III.2 - Relation de conjugaison et de grandissement

Définitions :

Une **relation de conjugaison** est une relation entre les positions de A et A'.

On appelle **grandissement** la grandeur : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$. Si $\gamma > 0$, l'image est droite (dans le même sens que l'objet), sinon elle est inversée. Si $|\gamma| > 1$, l'image est agrandie, sinon elle est rétrécie.

Propriété :

En optique géométrique, on note avec une barre les distances algébriques (distances pouvant être positives ou négatives). Il s'agit simplement de « vecteur à une dimension ».

$$\boxed{\overline{AB} = -\overline{BA}}$$

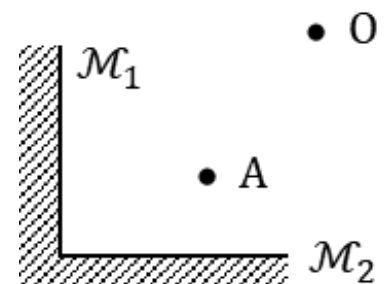
$$\boxed{\overline{AC} = \overline{AB} + \overline{BC}}$$

Cas du miroir plan

III.3 - Application : miroir un coin

Exercice :

On considère un miroir en coin et un point objet A. Tracer toutes les images de l'objet vues par un observateur placé en O.



IV - Lentilles minces

IV.1 - Définitions

Définition :

Une **lentille** est un système optique centré délimité par deux dioptries sphériques de sommets S_1 et S_2 .

Remarque : Un dioptrite plan est un dioptrite sphérique où $R \rightarrow +\infty$.

Définition :

On note $e = S_1S_2$. La lentille est dite mince lorsque :

$$e \ll R_1 \text{ et } R_2 \quad e \ll |R_1 - R_2|$$

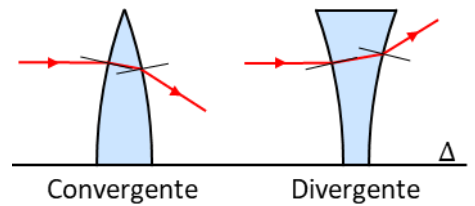
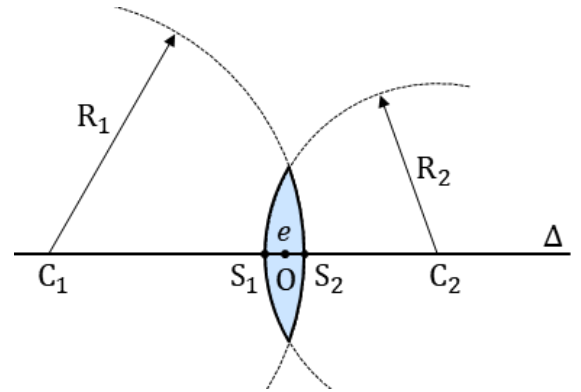
Dans ce cas, S_1 et S_2 sont quasiment confondu avec O , le **centre optique** de la lentille ($S_1 = S_2 = O$).

Propriété :

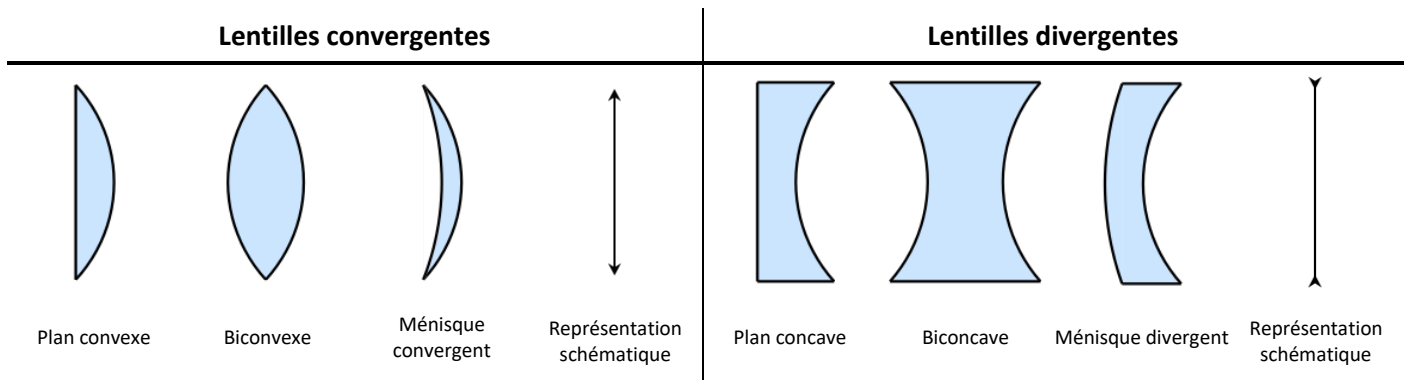
Lorsqu'il traverse une lentille, un rayon subit une double réfraction.

Une lentille **convergente** est plus épaisse au centre que sur les bords. Elle dévie les rayons lumineux vers l'axe optique.

Une lentille **divergente** est plus épaisse sur les bords qu'au centre. Elle dévie les rayons lumineux loin de l'axe optique.



Exemples :



IV.2 - Propriétés

ATTENTION ! Une lentille mince n'est pas rigoureusement stigmatique. Pour avoir un stigmatisme et un aplanétisme approchés, il faut impérativement se placer dans les conditions de Gauss.

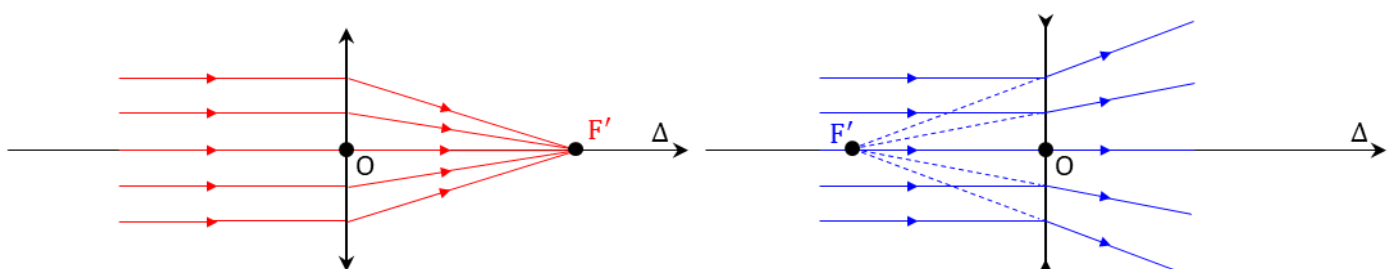
Propriétés remarquables :

- Le **centre optique** O est le point de la lentille sur l'axe optique. Tout rayon passant par O n'est pas dévié.

$$O \xrightarrow{L} O$$

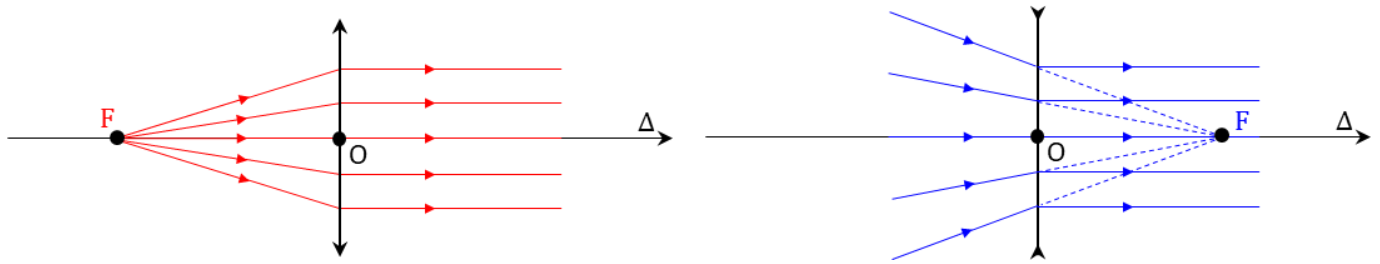
- Le **foyer principal image / point focal image** F' est le point image situé sur l'axe optique de la lentille, dont le point objet conjugué est situé à l'infini sur l'axe optique. Tout rayon incident parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en passant par F' .

$$A(-\infty \text{ sur } \Delta) \xrightarrow{L} F'$$



- Le **foyer principal objet / point focal objet** F est le point objet situé sur l'axe optique de la lentille, dont le point image conjugué est situé à l'infini sur l'axe optique. Tout rayon incident passant par F émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.

$$F \xrightarrow{\mathcal{L}} A'(+\infty \text{ sur } \Delta)$$



Remarque :

Le principe de retour inverse de la lumière permet d'affirmer que F est le symétrique de F' par rapport à O .

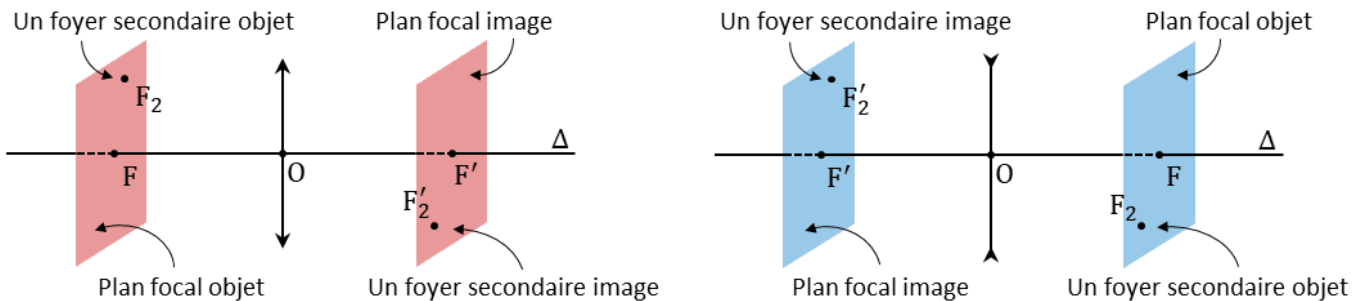
$$\overline{OF} = -\overline{OF'}$$

- Le **plan focal image** est le plan passant par F' et perpendiculaire à l'axe optique. Tout point de ce plan est un **foyer secondaire image** F'_2 dont le point objet conjugué est situé à l'infini en dehors de l'axe optique. Tout faisceau de lumière parallèle converge incident converge en un foyer secondaire image.

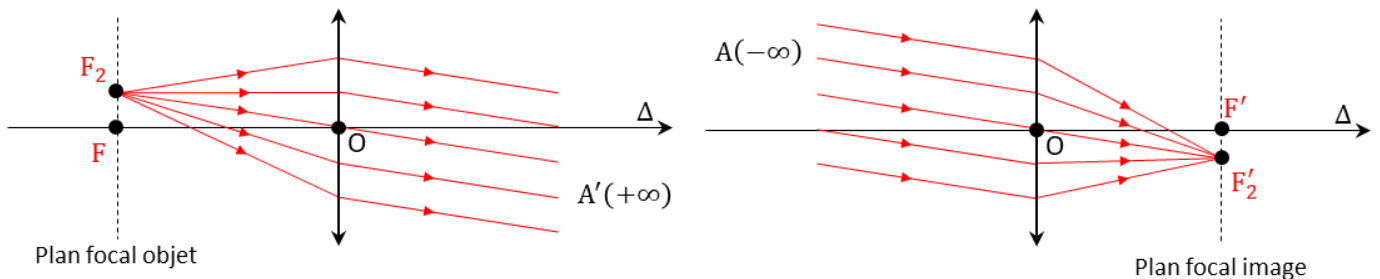
$$A(-\infty \text{ hors } \Delta) \xrightarrow{\mathcal{L}} F'_2$$

- Le **plan focal objet** est le plan passant par F et perpendiculaire à l'axe optique. Tout point de ce plan est un **foyer secondaire objet** F_2 dont le point image conjugué est situé à l'infini en dehors de l'axe optique. Tout faisceau incident issu d'un foyer secondaire objet émerge en un faisceau parallèle.

$$F_2 \xrightarrow{\mathcal{L}} A'(+\infty \text{ hors } \Delta)$$



Exemple de la lentille convergente :



La distance focale f' est la distance algébrique entre O et F' . Pour une lentille convergente : $f' > 0$. Pour une lentille divergente : $f' < 0$.

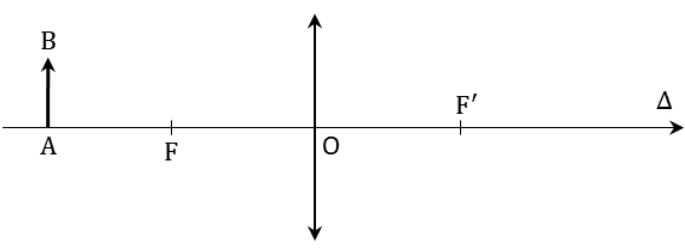
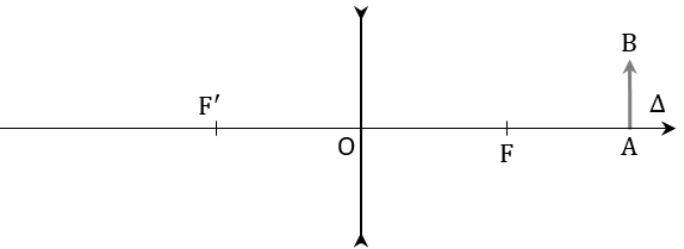
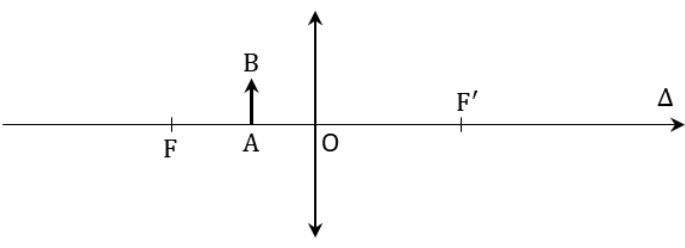
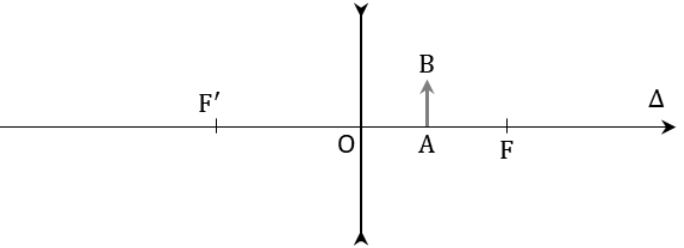
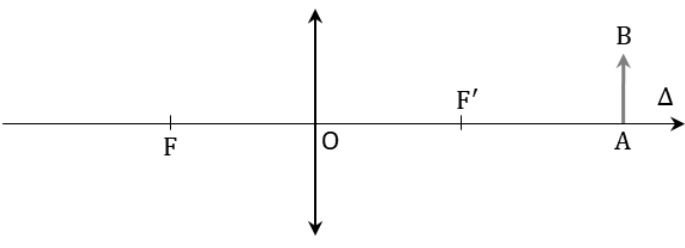
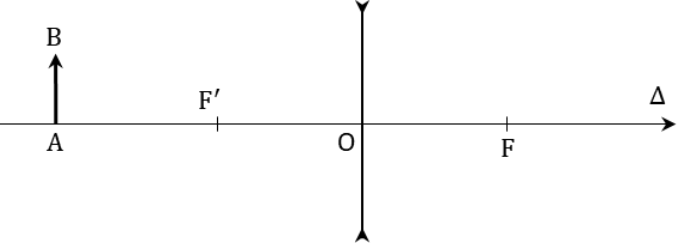
$$f' = \overline{OF'} = -\overline{OF}$$

- La **vergence** V d'une lentille est l'inverse de sa distance focale : $V = \frac{1}{f'}$. Elle s'exprime en **dioptrie** de symbole δ (donc : $1 \delta = 1 \text{ m}^{-1}$).

IV.3 - Construction d'une image

Objectif : Construire l'image $A'B'$ d'un objet AB . On note : $AB \xrightarrow{\mathcal{L}} A'B'$.

Application (6 cas possibles) :

Lentille convergente	Lentille divergente
<p>$-\infty < \overline{OA} < \overline{OF}$ Objet réel → Image réelle</p> 	<p>$\overline{OF} < \overline{OA} < +\infty$ Objet virtuel → Image virtuelle</p> 
<p>$\overline{OF} < \overline{OA} < 0$ Objet réel → Image virtuelle</p> 	<p>$0 < \overline{OA} < \overline{OF}$ Objet virtuel → Image réelle</p> 
<p>$0 < \overline{OA} < +\infty$ Objet virtuel → Image réelle</p> 	<p>$-\infty < \overline{OA} < 0$ Objet réel → Image virtuelle</p> 

Remarque :

Le principe de retour inverse de la lumière permet d'affirmer qu'une lentille divergente se comporte de la même manière qu'une lentille convergente dont l'axe optique a été inversé.

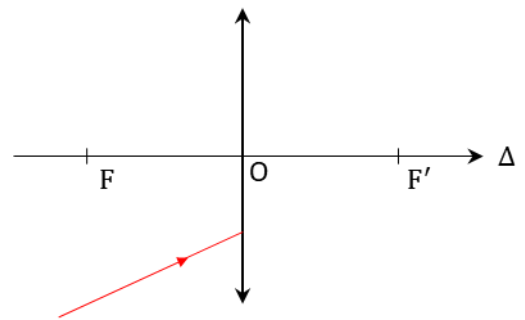
IV.4 - Prolongement d'un rayon quelconque

Objectif : prolonger un rayon quelconque arrivant sur une lentille.

Deux méthodes :

(1) Construire le rayon parallèle passant par O. Les deux rayons se croisent dans le plan focal image, en F'_2 .

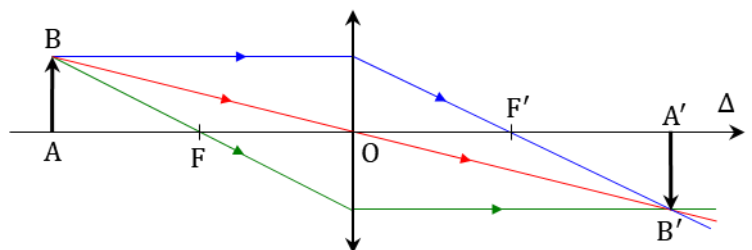
(2) Tracer le rayon passant par F_2 (intersection du rayon incident et du plan focal objet) et O. Les deux rayons émergent parallèles entre eux.



IV.5 - Relation de conjugaison et de grandissement

Exemple de démonstration :

Démontrons que : $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$.



IV.6 - Condition de formation d'une image réelle par une lentille convergente

Objectif :

Établir une condition assurant la formation d'une **image réelle** d'un **objet réel** par une **lentille convergente**.

On note :

$$x = \overline{OA} < 0 \quad \text{et} \quad D = \overline{AA'} > 0$$

