

CHAPITRE V Les lentilles minces

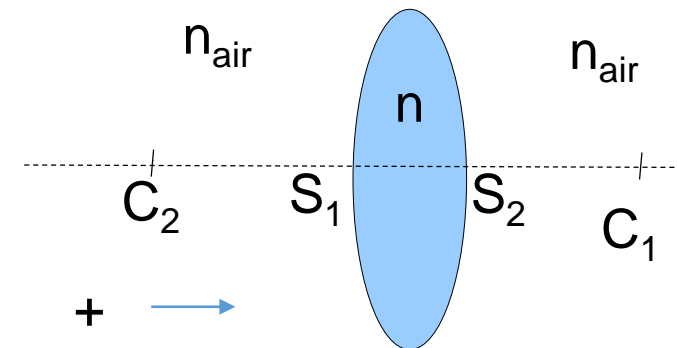
I Définition d'une lentille mince

Une lentille est un volume de matière transparente, homogène et isotrope, d'indice limité par deux dioptries d'axes optiques confondus, dont au moins un est sphérique.

Lentille mince : la distance e entre le sommet des deux dioptries est très petite devant les rayons de courbures des dioptries : $e \ll |R|$

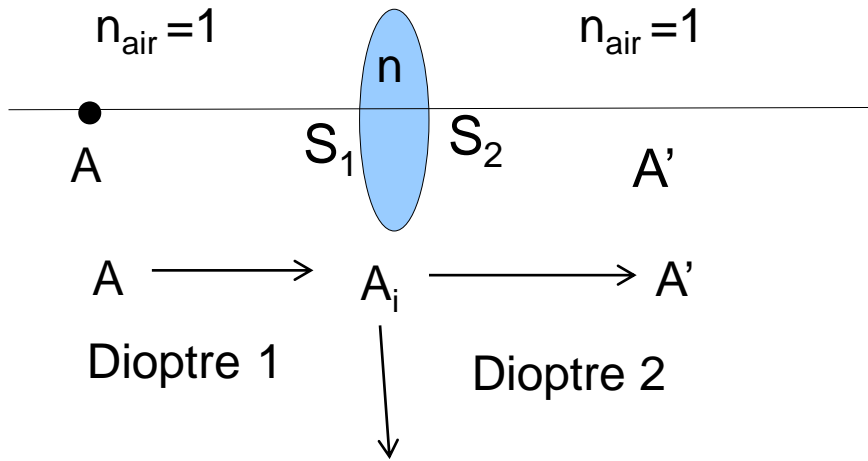
Stigmatisme approché car association d'éléments

Présentant un stigmatisme approché dans les conditions de Gauss



II Relations de conjugaison

1°) Origine au centre optique O



rayon de courbure dioptre 1 : $\overline{S_1 C_1} = R_1$

rayon de courbure dioptre 2 : $\overline{S_2 C_2} = R_2$

n : indice de la lentille

Image intermédiaire : sert d'objet pour le dioptre 2

On utilise la relation de conjugaison du dioptre 1 pour (A, A_i)

puis la relation de conjugaison du dioptre 2 pour (A_i, A')

Avec $S_1 S_2 = e \ll |R_1|, |R_2|$

L'épaisseur de la lentille mince étant faible (e petit), on considère S_1 et S_2 confondus en un point

O appelé centre optique de la lentille

Dioptre 1 A -----> A_i : $\frac{n}{S_1 A_i} - \frac{1}{S_1 A} = \frac{n-1}{S_1 C_1} = \frac{n-1}{R_1}$

Dioptre 2 A_i -----> A' : $\frac{1}{S_2 A'} - \frac{n}{S_2 A_i} = \frac{1-n}{S_2 C_2} = \frac{1-n}{R_2}$

En considérant l'approximation : **S₁ ≈ S₂ ≈ O**

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

- Objet A sur le foyer objet F → image A' à l'infini : $\frac{1}{OF} = -(n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f}$
- Objet A à l'infini, image A' sur le foyer image F' : $\frac{1}{OF'} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f'}$

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

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

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

2°) Origine aux foyers

\overline{FA} : distance entre le foyer objet et l'objet

$\overline{F'A'}$: distance entre le foyer image et l'image

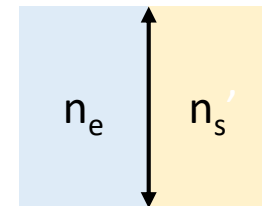
$$\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = f \cdot f' = -f^2 \quad : \text{relation de Newton}$$

3°) Vergence de la lentille

$$\Phi = \frac{1}{f'} = -\frac{1}{f} \quad : \text{vergence de la lentille dans l'air}$$

Dans le cas où les indices du milieu d'entrée n_e est différent du milieu de sortie n_s :

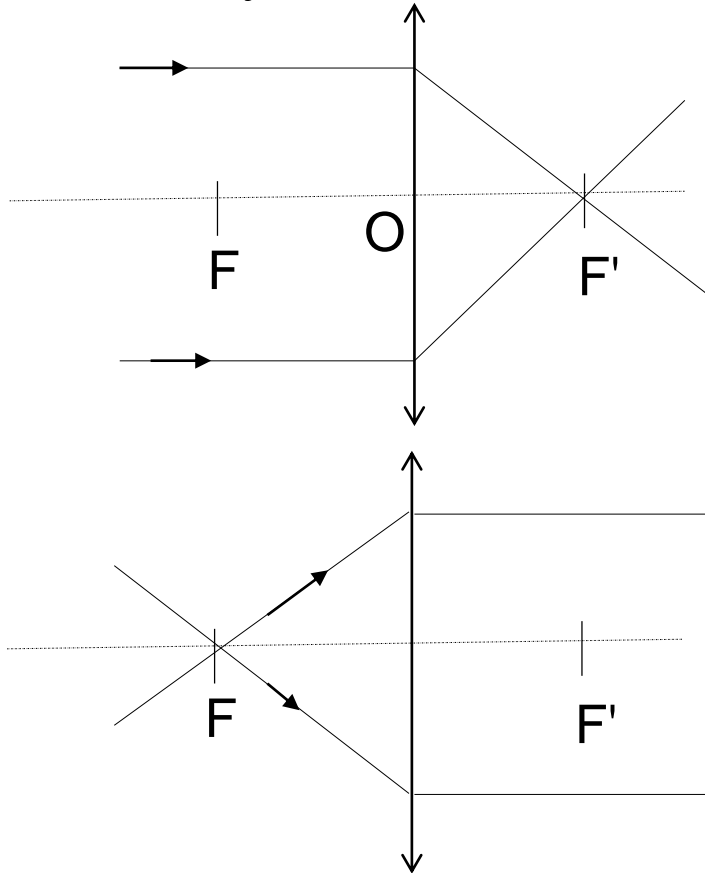
$$\Phi = \frac{n_s}{f'} = -\frac{n_e}{f}$$



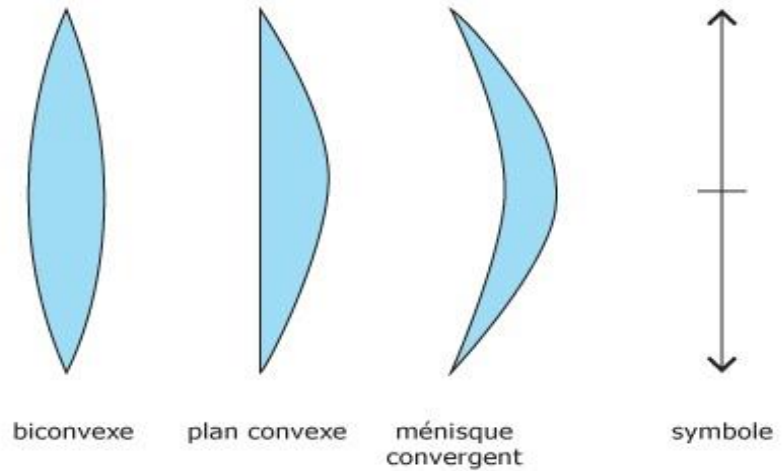
III Lentille mince convergente

La distance focale f' d'une lentille mince convergente est positive : $f' > 0$

Les foyers F et F' sont réels : F dans l'espace objet, F' dans l'espace image

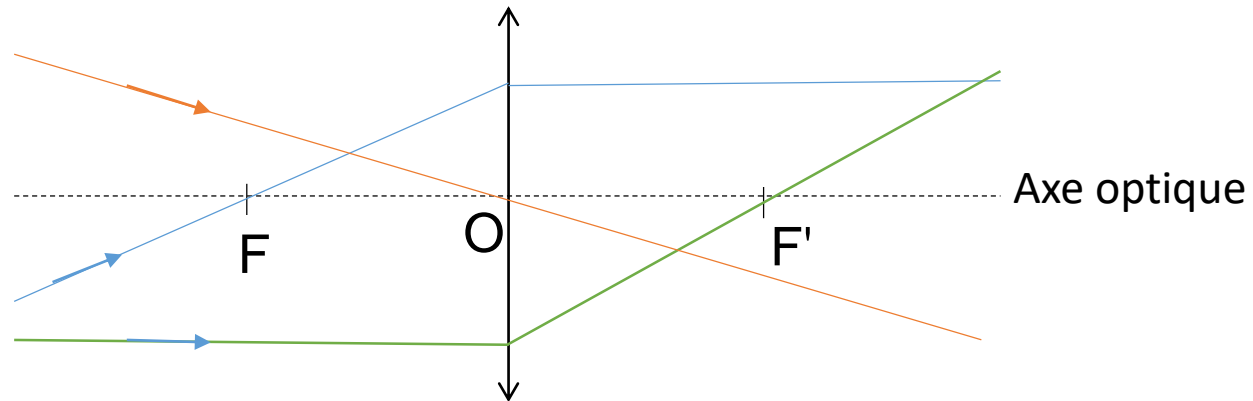


Le faisceau est plus convergent à la sortie



Différents types de lentilles convergentes

1°) Construction géométrique



Rayon incident parallèle à l'axe : émerge en passant par le foyer image F'

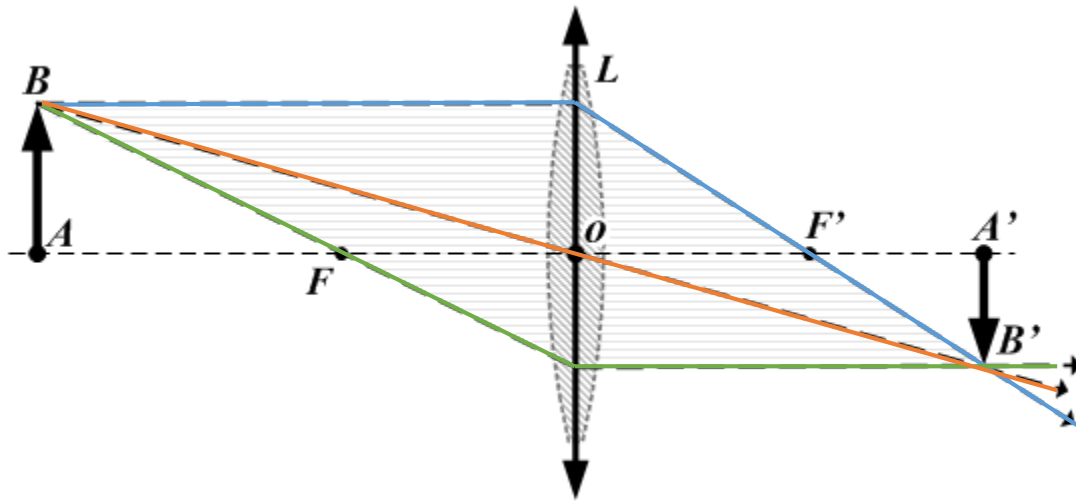
Rayon incident passant par le foyer objet F : ressort parallèle à l'axe

Rayon incident passant par le centre optique O n'est pas dévié

2°) Image d'un objet plan perpendiculaire à l'axe

Condition d'aplanétisme : objet plan perpendiculaire à l'axe → image plane perpendiculaire à l'axe

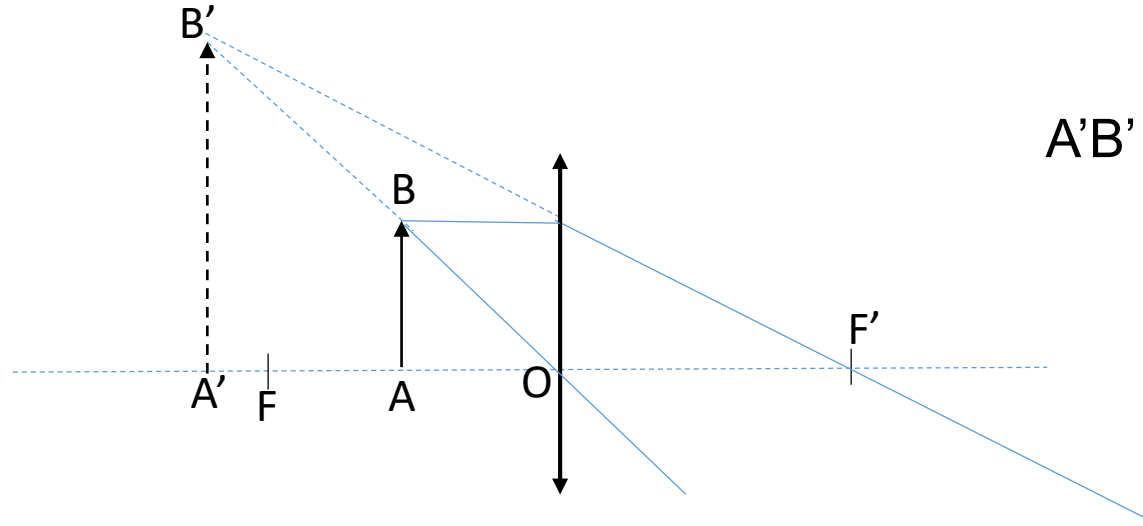
Position de l'image A'B' d'un objet AB : détermination de B' puis détermination de A' qui est le projeté de B' sur l'axe optique .



grandissement transversal :

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

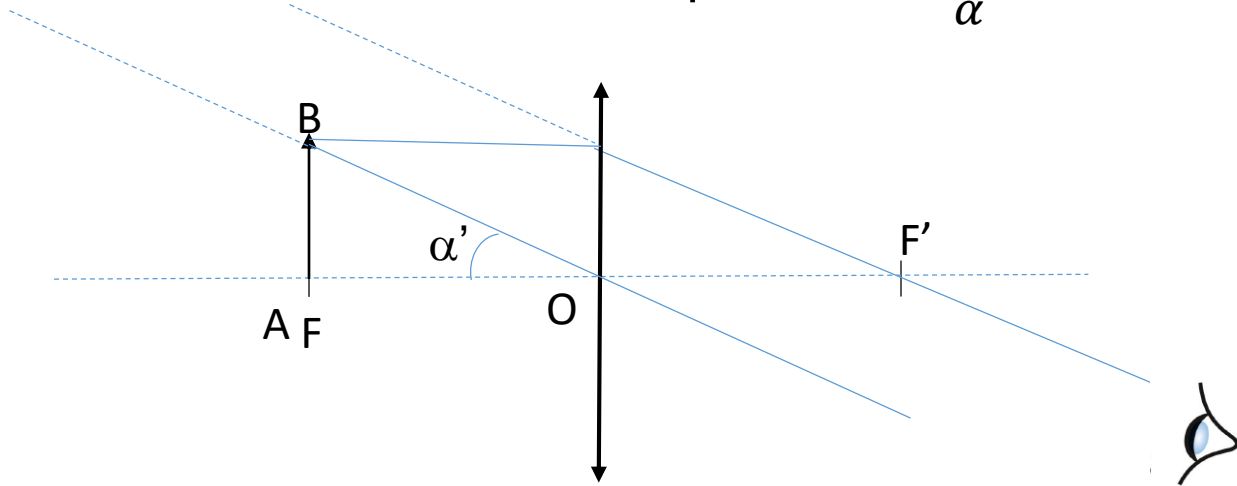
- Cas de l'objet réel placé entre le foyer F et le centre optique O



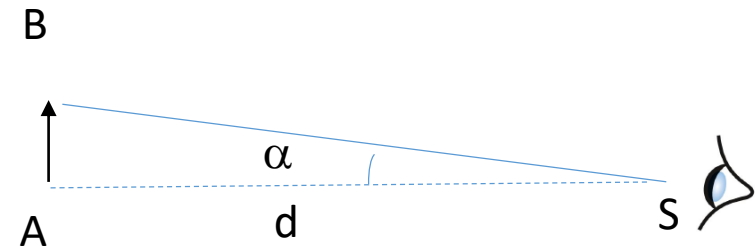
A'B' : image virtuelle, droite et agrandie

La loupe

Grossissement de la loupe : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$




Objet placé au foyer objet de la lentille



Observation directe de l'objet AB

- $\alpha' = \frac{\overline{AB}}{\overline{OF}} = -\frac{\overline{AB}}{f'}$
- $\alpha = \frac{\overline{AB}}{\overline{SA}} = -\frac{\overline{AB}}{d}$

}  $G = \frac{d}{f'}$

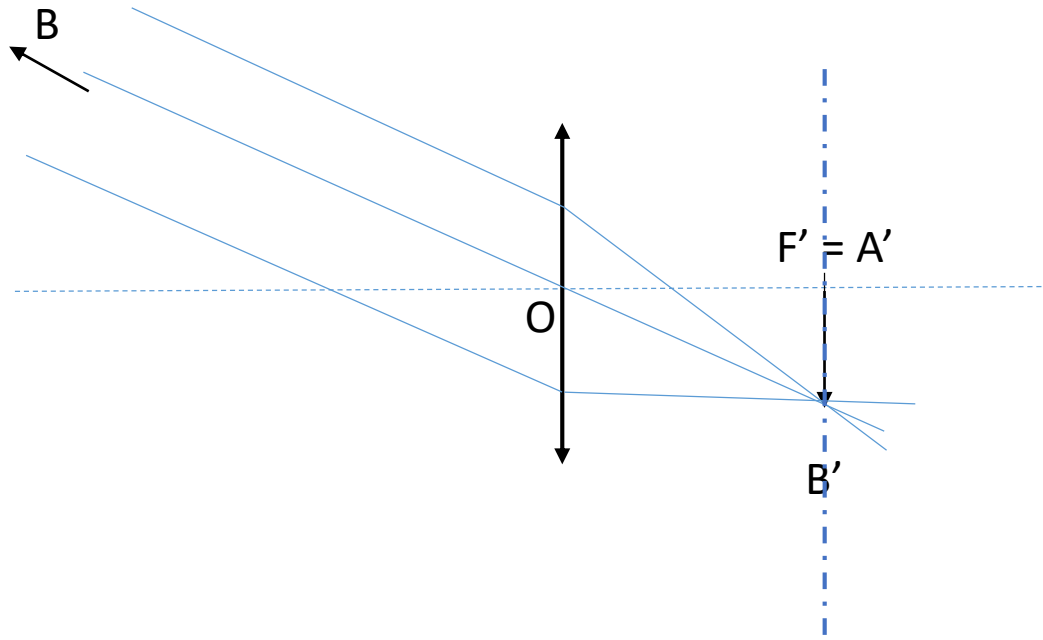
Le grossissement dépend de la distance d'observation à l'œil nu.

On choisit par convention **d = -25 cm** (distance minimale de vision pour un œil normal),

soit $d = 0,25 \text{ m} = \frac{1}{4} \text{ m}$

→ Grossissement commercial : $G_c = \frac{1}{4f'} = \frac{\Phi}{4}$

- Cas d'un objet à l'infini



L'image se forme dans le plan focal de la lentille

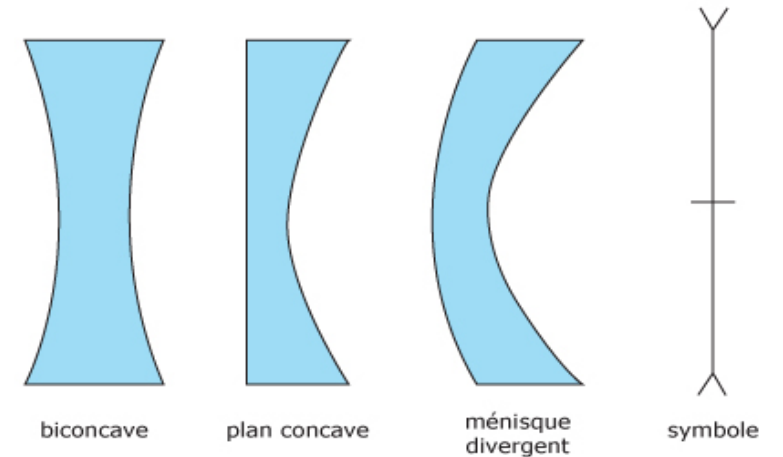
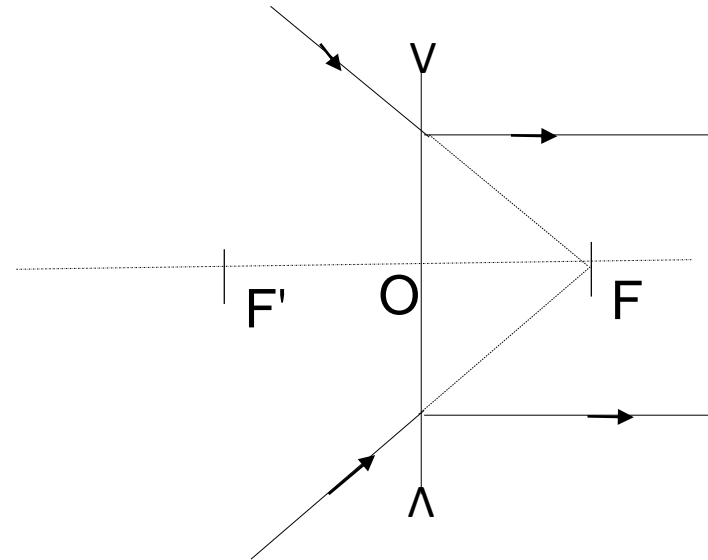
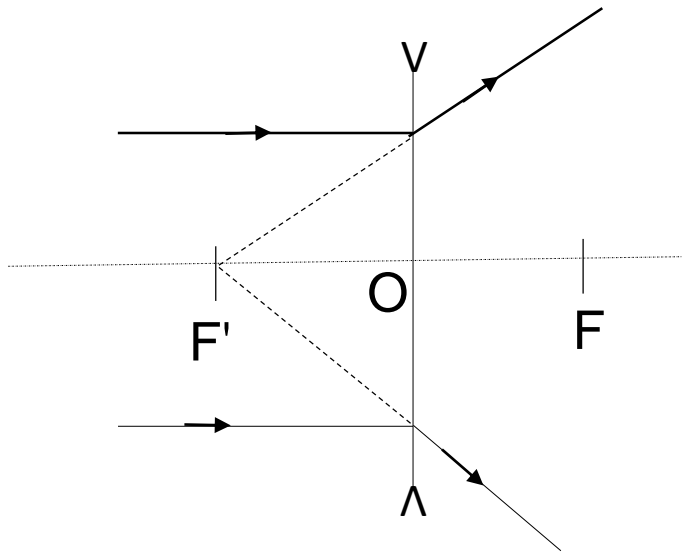
Plan focal image : plan perpendiculaire à l'axe optique passant par le foyer image

F' foyer principal image : point d'intersection entre l'axe optique et le plan focal image
Tous les autres points du plan focal sont des foyers secondaires

IV Lentilles divergentes

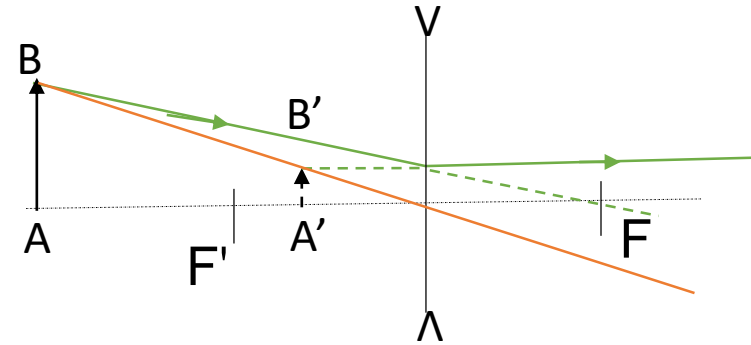
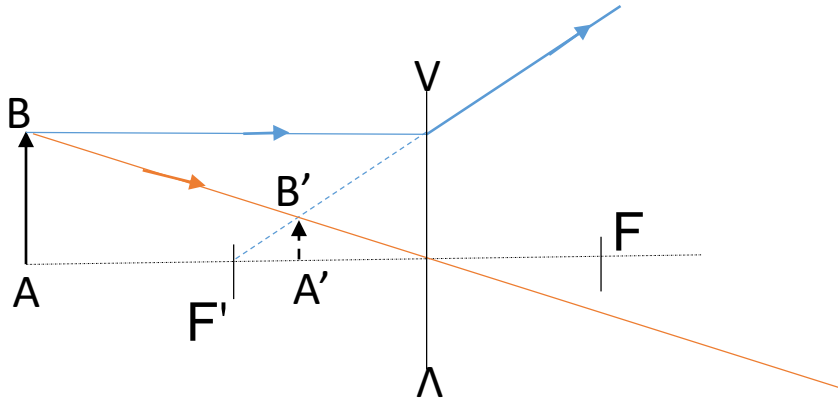
La distance focale f' d'une lentille divergente est négative $f' < 0$

Les foyers F et F' sont virtuels : foyer objet F dans l'espace image et le foyer image F' dans l'espace objet.



Différents types de lentilles divergentes

Image d'un objet plan perpendiculaire à l'axe

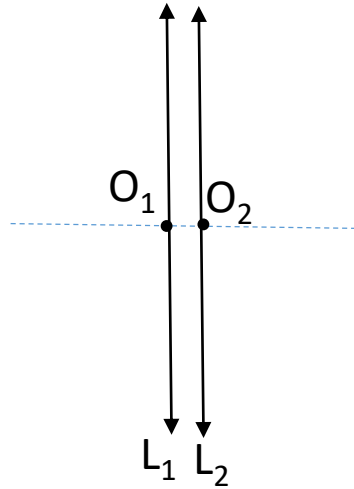


Le rayon incident parallèle à l'axe converge sur F'
Le rayon passant par O n'est pas dévié

Le rayon incident qui passe par F ressort
parallèle à l'axe

L'image $A'B'$ d'un objet réel AB est toujours virtuelle, quelque soit la position de AB .

V Lentilles accolées



Lentille L_1 : distance focale f'_1

Lentille L_2 : distance focale f'_2

Objet A $\xrightarrow{L_1}$ image intermédiaire A_i $\xrightarrow{L_2}$ image définitive A'

Relation de conjugaison relative à L_1 : $\frac{1}{\overline{O_1 A_i}} - \frac{1}{\overline{O_1 A}} = \frac{1}{f'_1}$

Relation de conjugaison relative à L_2 : $\frac{1}{\overline{O_2 A'}} - \frac{1}{\overline{O_2 A_i}} = \frac{1}{f'_2}$

Si lentilles L_1 et L_2 accolées : $O_1 = O_2 = O$

Relation de conjugaison de la lentille équivalente : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2}$

Distance focale de la lentille équivalente f'

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2}$$

Vergence de la lentille équivalente Φ

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$$