المدرسة العليا للتربية والتكوين - اكادير

ECOLE SUPÉRIEURE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION - AGADIR

Cours d'optique géométrique

LEM - LEI

Semestre 2

Pr. OUACHA

Année universitaire 2019/2020

Chapitre IV :

LES LENTILLES

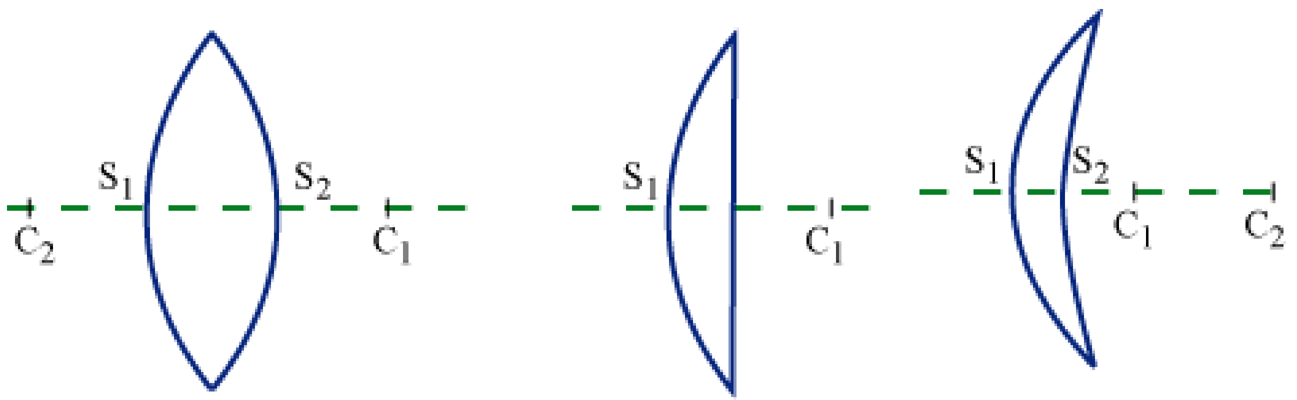
Définitions

Lentilles épaisses convergentes

* Une lentille est un système centré formé de deux dioptres dont l'un au moins est un dioptre sphérique.

* On distingue deux familles de lentilles suivant que les bords sont plus minces ou plus épais que l'épaisseur S_1S_2 :

les lentilles à bords minces (convergentes)



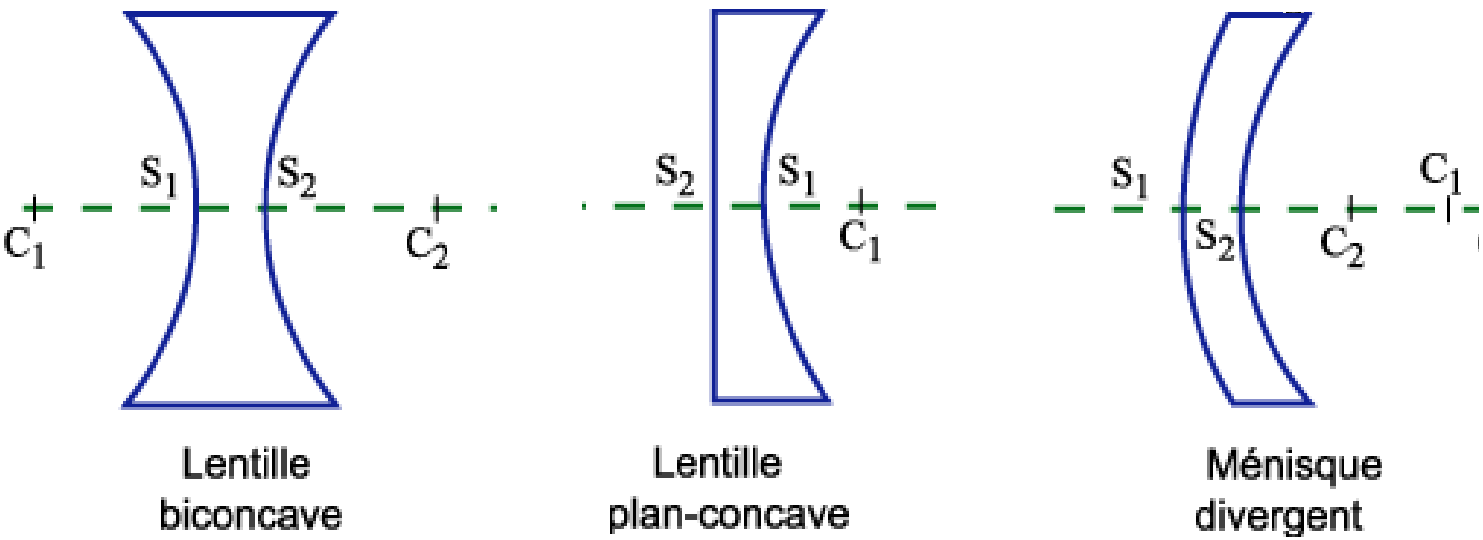
Lentille biconvexe

Lentille plan-convexe

Ménisque convergent

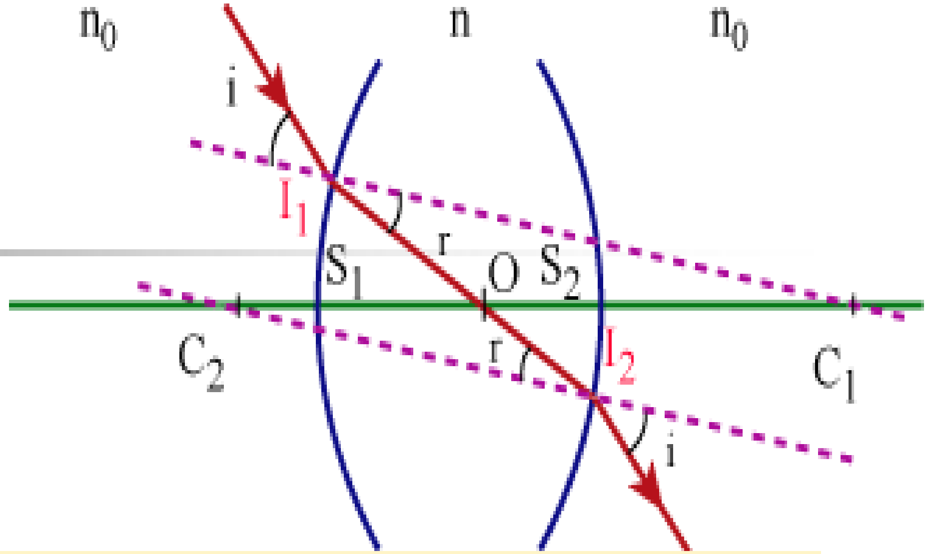
Les lentilles épaisses divergentes

Les lentilles à bords épais (divergentes)



Les lentilles à bords minces sont convergentes, celles à bords épais sont divergentes

Centre optique



C'est le point d'intersection O avec l'axe optique, par lequel passe le rayon réfracté correspondant à un rayon incident qui émerge du système suivant une direction parallèle à la direction incidente.

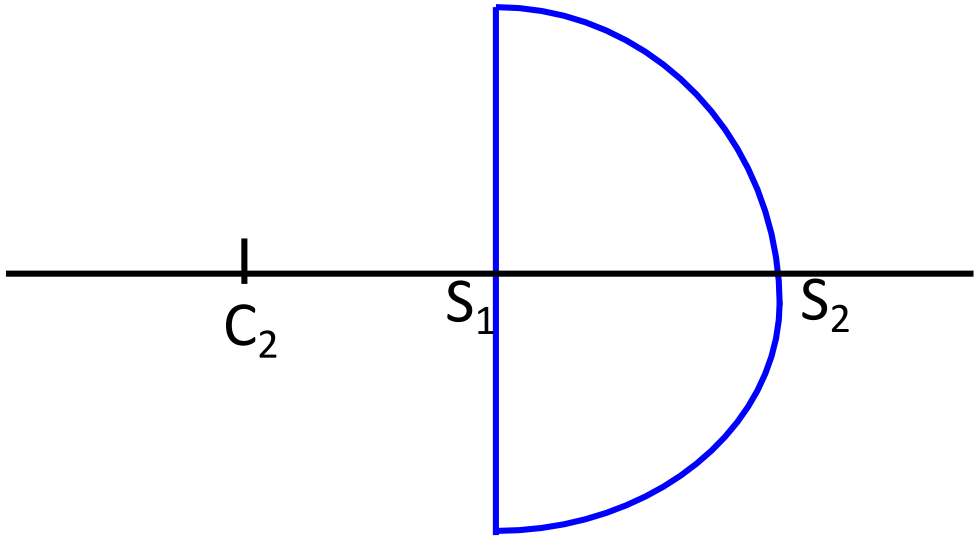
Le centre optique est donné par les relations

Les triangles OC_1I_1 et OC_2I_2 Sont semblables.

$$\Rightarrow \quad \frac{\overline{OC_1}}{\overline{OC_2}} = \frac{\overline{OS_1}}{\overline{OS_2}} = \frac{\overline{S_1C_1}}{\overline{S_2C_2}} = \frac{R_1}{R_2}$$

Exemple : Lentille : Plan convexe

Déterminer le centre optique ?



$$\frac{\overline{OS_1}}{\overline{OS_2}} = \frac{\overline{S_1C_1}}{\overline{S_2C_2}}$$

La face d'entrée est plane

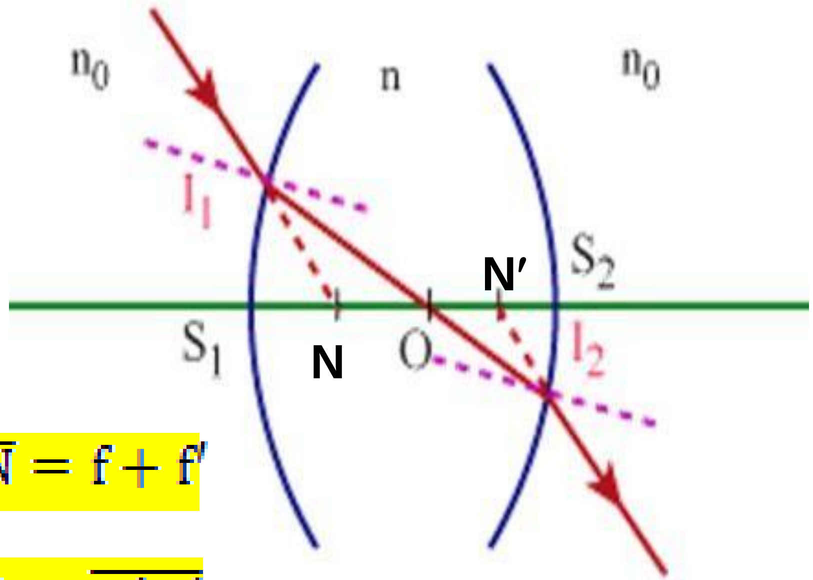
$S_1C_1 \rightarrow \infty$

$O \equiv S_2$

Le centre optique est confondu avec le sommet du dioptre sphérique.

Points nodaux et points principaux

le centre optique O est le conjugué de N dans le premier dioptre .
Le point N' sera le conjugué de o dans le second dioptre.



$$\overline{HN} = f + f'$$

$$\overline{HN} = \overline{H'N'}$$

$$\underset{(n_0)}{N} \xrightarrow{D(S_1\,,\,C_1\,)} \underset{(n)}{O} \xrightarrow{D(S_2\,,\,C_2\,)} \underset{(n_0)}{N'}$$

$$\boxed{\frac{n_0}{\overline{S_1N}} - \frac{n}{\overline{S_1O}} = \frac{n_0 - n}{\overline{S_1C_1}}} \qquad \boxed{\frac{n}{\overline{S_2O}} - \frac{n_0}{\overline{S_2N'}} = \frac{n - n_0}{\overline{S_2C_2}}}$$

Les milieux extrêmes étant identiques les points principaux H et H' seront confondus avec les points nodaux N et N'.

Les lentilles minces

1- Condition de minceur d'un lentille mince

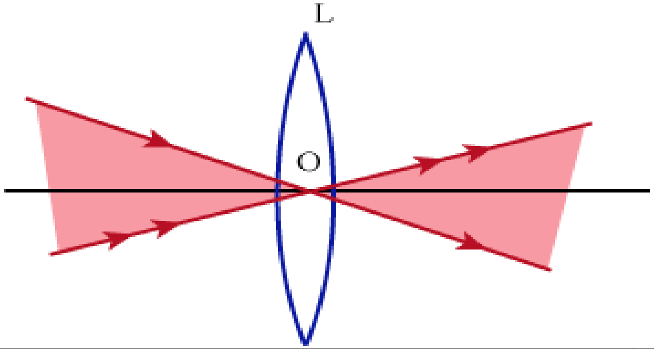
Une lentille est dite **mince** si son épaisseur S_1S_2 est **négligeable** devant les rayons de courbure de ses faces R_1 et R_2 $e << R_1 ; e << R_2$

et devant la valeur absolue de la différence de leurs valeurs algébriques. $e << | R_2 - R_1 |$

- Dans ce cas on a : $S_1 \cong O \cong S_2$
- Les points nodaux seront également confondus en O.
- Les plans principaux sont confondus avec la lentille.

$$N \cong N' \cong O \cong H \cong H'$$

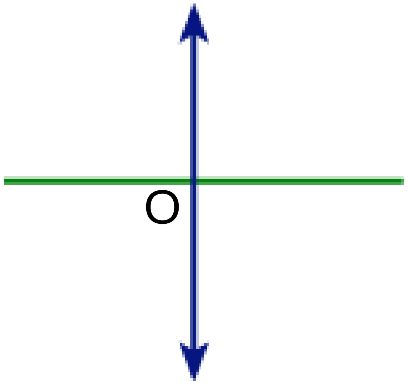
Un rayon passant par O ressort de la lentille mince selon la même direction



Les lentilles minces

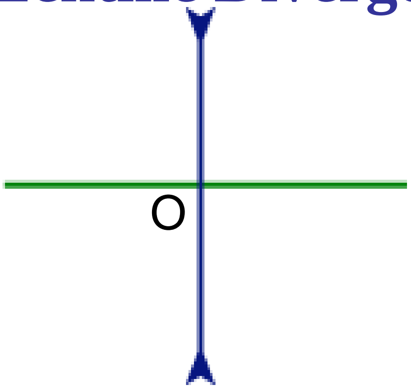
2- Représentation des lentilles minces

Lentille Convergente



(a)

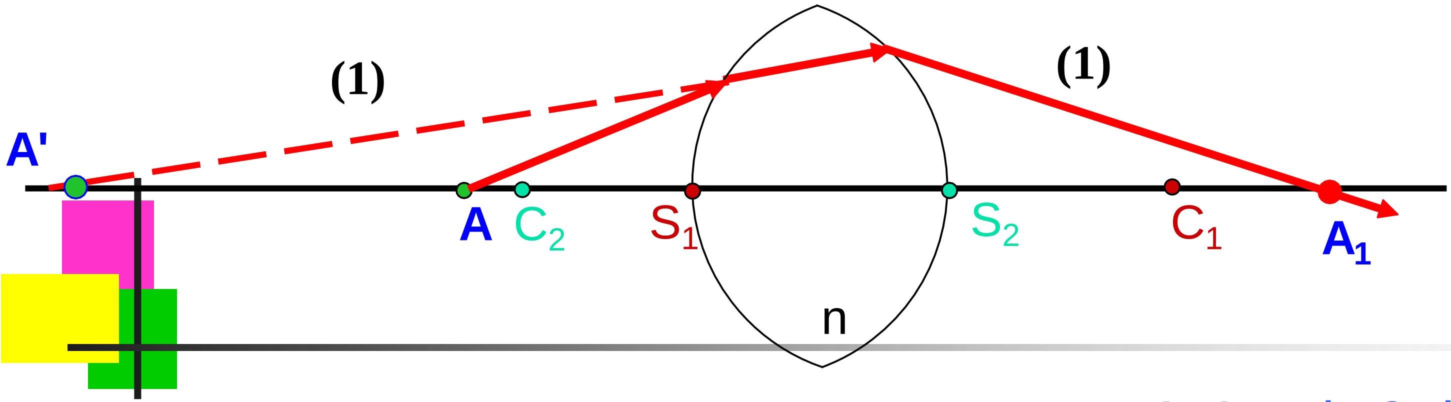
Lentille Divergente



(b)

Lentilles minces dans les conditions de Gauss permettent:

- De réaliser des images nettes.
- D’agrandir l’image d’un objet.
- De rétrécir l’image d’un objet.
- De renverser l’image d’un objet.
- De focaliser l’image d’un objet sur un écran ou un détecteur.



Relation de conjugaison

- Association de 2 dioptres sphériques

$$\underset{(1)}{\mathbf{A}} \xrightarrow{D(S_1\,,\,C_1\,)} \underset{(n)}{\mathbf{A}_1} \xrightarrow{D(S_2\,,\,C_2\,)} \underset{(1)}{\mathbf{A'}}$$

F. de Conjugaison appliquée au :

-<u>1er **Dioptre**</u> :

$$\frac{1}{\overline{S_1A}} - \frac{n}{\overline{S_1A_1}} = \frac{1-n}{\overline{S_1C_1}} = \frac{1-n}{R_1}$$

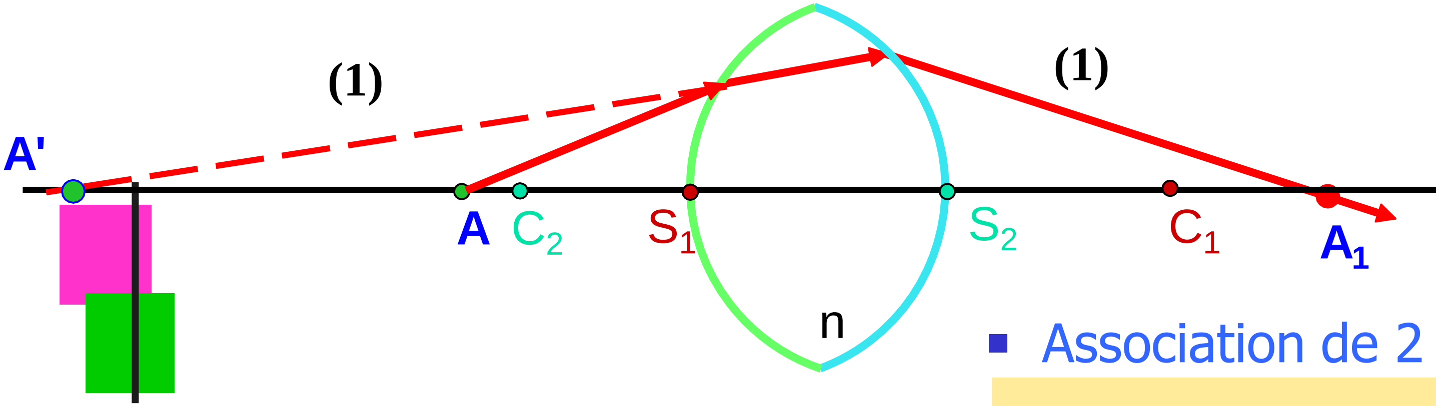
- <u>**2ème Dioptre**</u> :

$$\frac{n}{\overline{S_2A_1}} - \frac{1}{\overline{S_2A'}} = \frac{n-1}{\overline{S_2C_2}} = \frac{n-1}{R_2}$$

F. de Conjugaison d’une lentille mince

Lentille mince : $S_1 \equiv O \equiv S_2$

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



Démonstration

- Association de 2 dioptres sphériques

$$\underset{(1)}{A} \xrightarrow{D(S_1\,,\,C_1\,)} \underset{(n)}{A_1} \xrightarrow{D(S_2\,,\,C_2\,)} \underset{(1)}{A'}$$

F. de Conjugaison appliquée au 1er Dioptre

$$\frac{1}{\overline{S_1A}} - \frac{n}{\overline{S_1A_1}} = \frac{1-n}{R_1} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA}} - \frac{n}{\overline{OA_1}} = \frac{1-n}{R_1} \qquad (1)$$

F. de Conjugaison appliquée au 2ème Dioptre

$$\frac{n}{\overline{S_2A_1}} - \frac{1}{\overline{S_2A'}} = \frac{n-1}{R_2} \Rightarrow \frac{n}{\overline{OA_1}} - \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{n-1}{R_2} \qquad (2)$$

1 + 2

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

F. de Conjugaison d'une lentille mince

Grandissement d'une lentille mince

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} \quad \Longrightarrow \quad \gamma = \gamma_1 \cdot \gamma_2$$

γ : le grandissement du système

γ_1 : le grandissement du 1er Dioptre $\quad \gamma_1 = \dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \dfrac{1}{n} \dfrac{\overline{S_1A_1}}{\overline{S_1A}}$

γ_2 : le grandissement du 2ème Dioptre $\quad \gamma_2 = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} = \dfrac{n}{1} \dfrac{\overline{S_2A'}}{\overline{S_2A_1}}$

Lentille mince : $S_1 \equiv O \equiv S_2$ $\Longrightarrow$ $\boxed{\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}}$

Position des foyers principaux *F* et *F′*

∴ **Foyer objet :** $-\frac{1}{\overline{OF}} = -\frac{1}{f} = (n-1)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right]$

∴ **Foyer image :** $\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'} = (n-1)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right]$

Remarque :

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

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

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

Les foyers principaux sont symétriques par rapport à la lentille

Vergence d'une lentille mince

$$V = V_1 + V_2 - e\frac{V_1 V_2}{n} \approx V_1 + V_2 \qquad (e \approx \overline{S_1 S_2} \approx 0)$$

V_1 : vergence du 1^{er} dioptre

V_2 : vergence du $2^{ème}$ dioptre

$$\Rightarrow \quad V = \frac{(n-1)}{R_1} + \frac{(1-n)}{R_2} = (n-1)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right] = \frac{1}{f'}$$

- La vergence s'exprime en dioptries (symbole δ) ou en m^{-1}
- ***Si V* > 0 (f′ > 0)** ⟹ La lentille est **convergente** (les deux foyers sont réels)
- ***Si V* < 0 (f′ < 0)** ⟹ La Lentille est **divergente** (les foyers sont virtuels)

Autres formes de la relation de conjugaison

$f = \overline{OF}$

$f' = \overline{OF'}$

$p = \overline{OA}$

$p' = \overline{OA'}$

Relation de conjugaison avec origine au centre optique

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

Relation de Descartes

$$\frac{f'}{P'} + \frac{f}{P} = 1$$

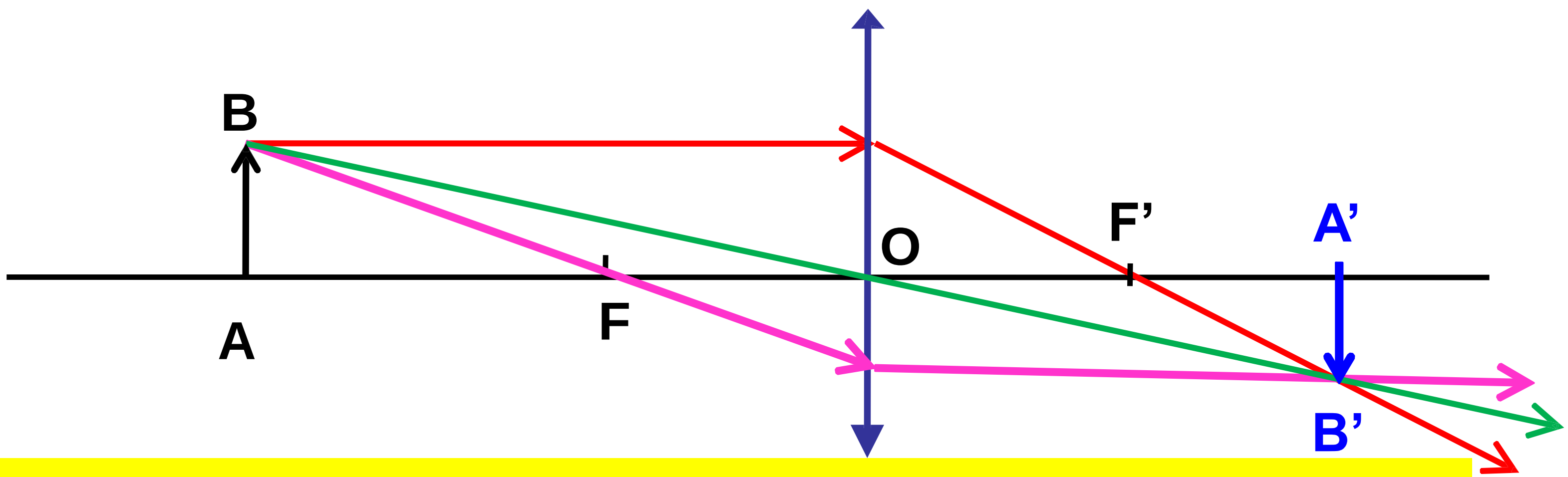
Relation de Newton

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

Construction de l'image d'un objet
Lentille convergente

F et F' sont réels et symétriques par rapport à O

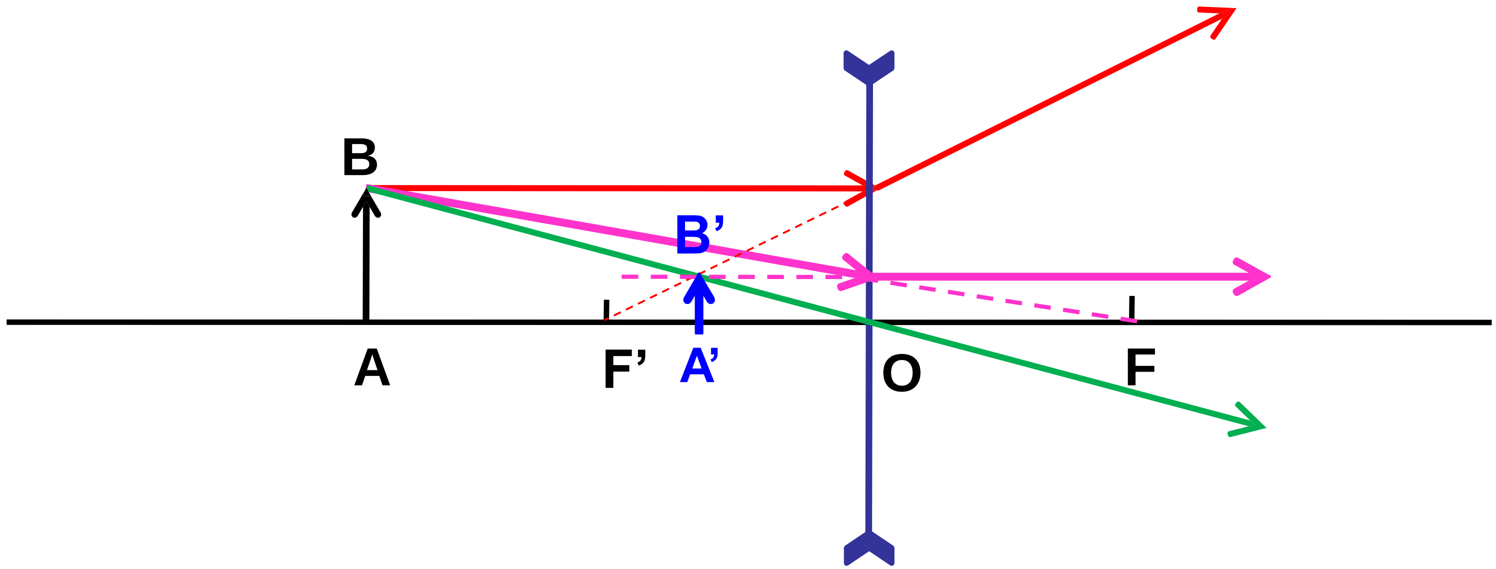
- **Un rayon incident parallèle à l'axe sort en passant par F'.**
- **Un rayon incident passant par F sort parallèlement à l'axe**
- **Un rayon passant par O n'est pas dévié.**



N.B: Deux des trois rayons suffisent pour déterminer B'

Construction de l'image d'un objet
Lentille divergente

F et F' sont virtuels et symétriques par rapport à O



Association de lentilles minces

- **Lentilles accolées (e= 0)** ➡ $V = V_1 + V_2$

- **Lentilles non accolées -** Doublet

Deux lentilles minces de distances focales f'_1 et f'_2 séparées par $e = \overline{O_1O_2}$ forment un doublet de symbole (m, n, p) tel que :

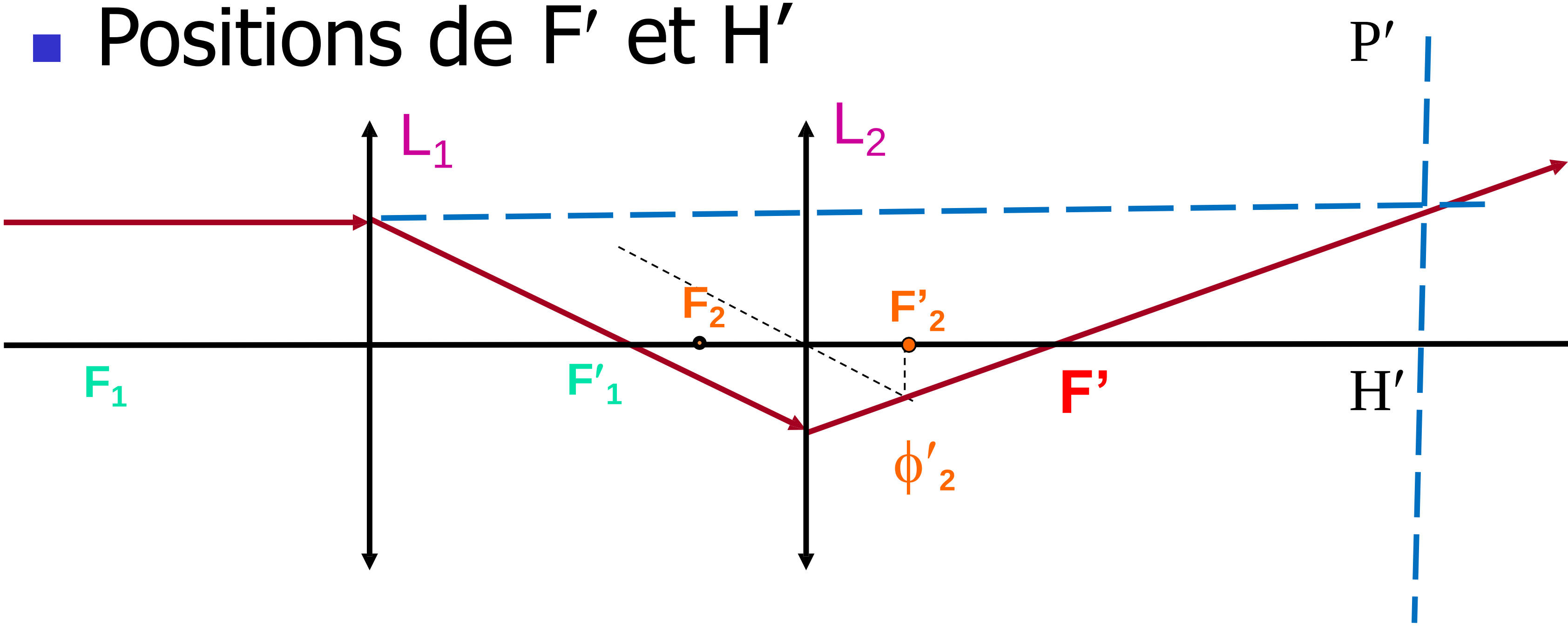
$$\frac{f'_1}{m} = \frac{e}{n} = \frac{f'_2}{p}$$

C'est le cas de l'association de deux systèmes centrés et on peut utiliser les formules obtenues dans le chapitre 3 .

Association de lentilles minces.

Doublet

- Positions de F′ et H′

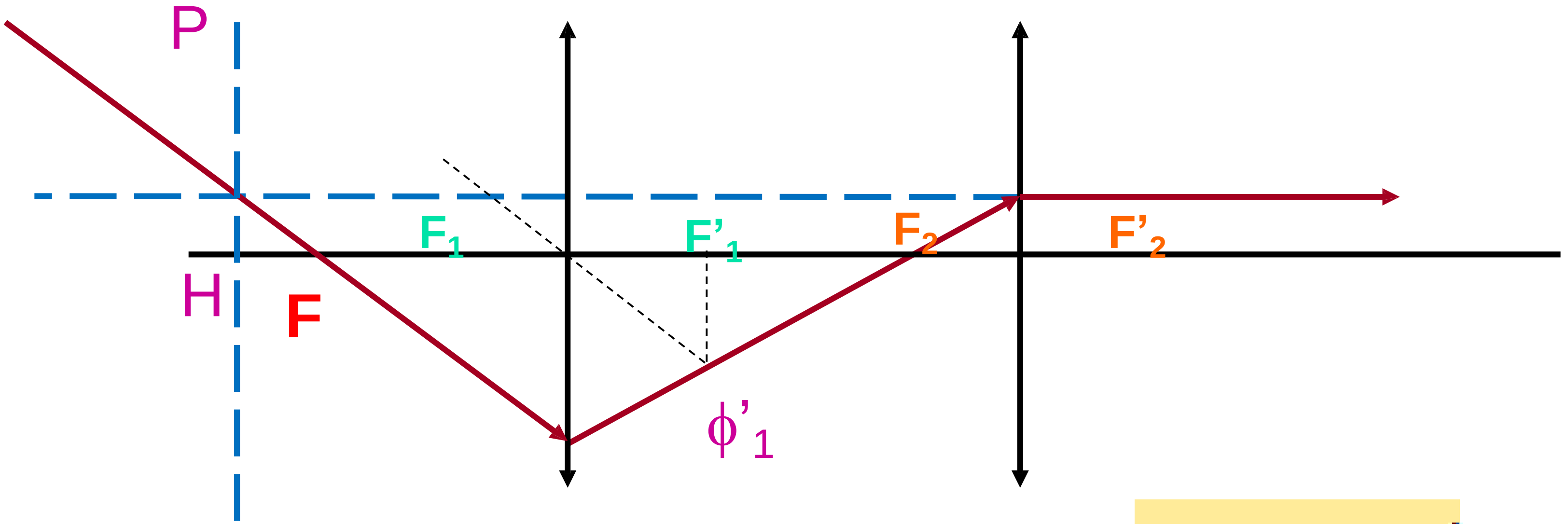


$$\overline{F_2F_1'}\ \overline{F_2'F'} = f_2 f_2' \Rightarrow \overline{F_2'F'} = -\frac{f_2 f_2'}{\Delta}$$

avec $\Delta = \overline{F_1'F_2} = -f_1' + e + f_2$ **(Intervalle optique)**

Le doublet

- Positions de F et H



$$\overline{F_1F}\;\overline{F_1'F_2} = f_1 f_1' \quad \Rightarrow \quad \overline{F_1F} = \frac{f_1 f_1'}{\Delta}$$

si $\Delta = 0$ ($F'_1 \equiv F_2$) système optique AFOCAL (foyers à l'infini)

Distance focale image du doublet

Formule de Gullstrand : $V = V_1 + V_2 - \dfrac{e\, V_1\, V_2}{N}$

$N = 1$ et $e = \overline{O_1 O_2}$

$\Rightarrow$ $V = V_1 + V_2 - e\, V_1\, V_2$ $\Rightarrow$ $\dfrac{1}{f'} = \dfrac{1}{f'_1} + \dfrac{1}{f'_2} - \dfrac{e}{f'_1 f'_2}$

$f' = -f$