

# Chapitre 7

## Lentilles minces

Cours N. Delorme – L1

## Lentilles minces

### Introduction



Nombreuses applications: équipent quasiment tous les instruments d'optique

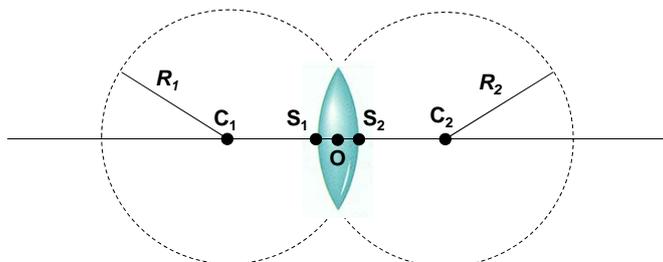


Cours N. Delorme – L1

## Lentilles minces

### Définition

Une lentille est un **système centré** défini par un **MHIT** limité par 2 dioptries (sphérique/sphérique ou sphérique/plan).



Une lentille est une **lentille mince** lorsque son épaisseur au sommet ( $S_1S_2$ ) est très petite par rapport aux deux rayons  $R_1$ ,  $R_2$  et par rapport à la distance  $C_1C_2$ .

Dans ce cas  $S_1 \sim S_2 \sim O$  où O est le centre optique

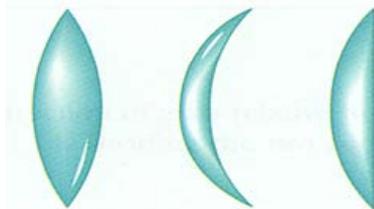
Cours N. Delorme – L1

## Lentilles minces

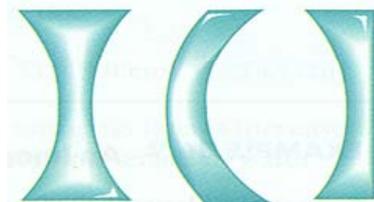
### Différents types de lentilles

Il existe deux types de lentilles minces:

Les lentilles à bords minces  
(convergente):



Les lentilles à bords épais  
(divergente):



Cours N. Delorme – L1

## Lentilles minces

### Stigmatisme et aplanétisme

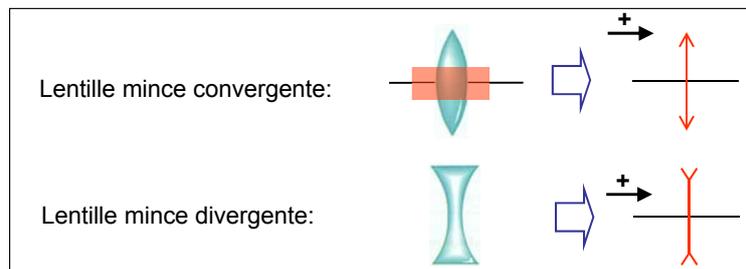
On travaille dans les conditions de Gauss:

**Rappel:**

- rayons peu inclinés par rapport à l'axe optique
- rayons peu éloignés de l'axe optique



**Stigmatisme et aplanétisme approchés**



Cours N. Delorme – L1

## Lentilles minces

### Foyers, distance focale et vergence

Pour un objet situé à  $l'_{\infty}$ , l'image est en  $F'$  (FPI)

Pour un objet A situé en F (FPO), l'image est à  $l'_{\infty}$

Pour les lentilles minces:

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

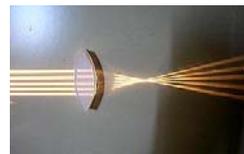
La **distance focale** de la lentille est définie par:

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

La **vergence** de la lentille s'exprime en **dioptries** ( $\delta$  ou  $m^{-1}$ ) et est définie par:

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

Lentille **convergente**:  $f', V > 0 \Rightarrow F'$  est **réel**  
 Lentille **divergente**:  $f', V < 0 \Rightarrow F'$  est **virtuel**

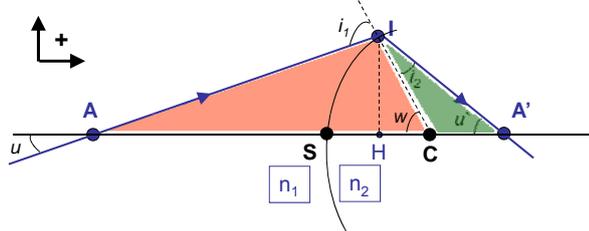


Cours N. Delorme – L1

## Relation de conjugaison

### Démonstration : dioptr sphérique

#### Exercice 1



Dans le triangle CIA:

$$\pi = u + w + (\pi - i_1) \Rightarrow i_1 = u + w$$

Dans le triangle CIA':

$$\pi = u' + \pi - w + i_2 \Rightarrow i_2 = w - u'$$

$$\tan w = \frac{HI}{HC} \quad \tan u = \frac{HI}{AH} \quad \tan u' = \frac{HI}{HA'} \quad \boxed{\text{Gauss} \Rightarrow H=S \text{ et } \tan \alpha = \alpha} \quad w = \frac{SI}{SC} \quad u = \frac{SI}{AS} \quad u' = \frac{SI}{SA'}$$

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \Rightarrow n_1 i_1 = n_2 i_2$$

Relation de conjugaison du dioptr sphérique:

$$\boxed{\frac{n_1}{SA} - \frac{n_2}{SA'} = \frac{n_1 - n_2}{SC}}$$

Cours N. Delorme – L1

## Relation de conjugaison

### Expression

Une lentille mince = double dioptr sphérique  
Pour ces dioptr S=O et  $n_1=1$  (air)

1<sup>ère</sup> face donne d'un objet A une image A<sub>1</sub>

2<sup>e</sup> face donne d'un objet A<sub>1</sub> une image A'

$$\frac{1}{OA} - \frac{n_2}{OA_1} = \frac{1-n_2}{OC_1}$$

$$\frac{n_2}{OA_1} - \frac{1}{OA'} = \frac{n_2-1}{OC_2}$$

On additionne les deux expressions:

$$\boxed{\frac{1}{OA} - \frac{1}{OA'} = (1-n_2) \left( \frac{1}{OC_1} + \frac{1}{C_2O} \right)}$$

Si  $A = \infty$  alors  $A' = F'$

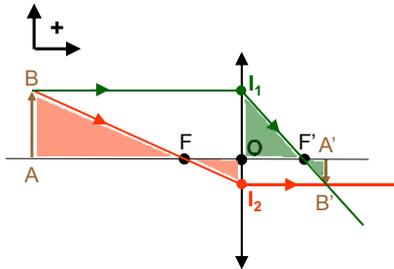
$$\frac{1}{\infty} - \frac{1}{OF'} = (1-n_2) \left( \frac{1}{OC_1} + \frac{1}{C_2O} \right) \Rightarrow \frac{1}{OF'} = (n_2-1) \left( \frac{1}{OC_1} + \frac{1}{C_2O} \right)$$

Relation de conjugaison des lentilles minces:

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

Cours N. Delorme – L1

## 2<sup>e</sup> relation de conjugaison Formule de Newton



Dans  $F'I_1O$  et  $F'A'B'$ :

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{A'F'}} = \frac{\overline{O I_1}}{\overline{F'O}}$$

Dans  $FAB$  et  $FOI_2$ :

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{AF}} = \frac{\overline{O I_2}}{\overline{FO}}$$

Comme  $\overline{A'B'} = \overline{O I_2}$  et  $\overline{AB} = \overline{O I_1}$ :

$$\frac{\overline{AF}}{\overline{FO}} = \frac{\overline{OF}}{\overline{F'A'}}$$

Relation de conjugaison avec origine aux foyers:

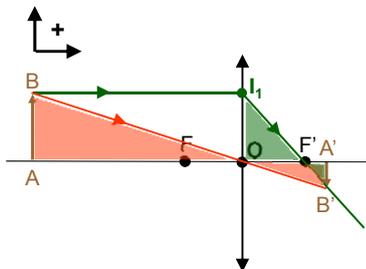
$$\boxed{\overline{FA} \times \overline{F'A'} = \overline{OF} \times \overline{OF'}}$$

Cours N. Delorme – L1

## Grandissement transversal Expressions

Le **grandissement transversal** est défini par:

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



Dans  $F'O I_1$  et  $F'A'B'$ :  $\frac{\overline{O I_1}}{\overline{OF'}} = \frac{\overline{B'A'}}{\overline{F'A'}}$

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

Dans  $OAB$  et  $OA'B'$ :  $\frac{\overline{AB}}{\overline{AO}} = \frac{\overline{B'A'}}{\overline{OA'}}$

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

Cours N. Delorme – L1

## Constructions géométriques

### Règles générales

Tout rayon incident parallèle à l'axe optique émerge du système en passant par le foyer principal image ( $F'$ )

Tout rayon incident passant par le foyer principal objet ( $F$ ) ressort du système parallèlement à l'axe optique

Tout rayon passant par le centre de la lentille ( $O$ ) arrive normalement à la surface il n'est donc pas dévié

Tout faisceau parallèle entrant dans le système converge vers un foyer image secondaire unique ( $F'_2$ ).

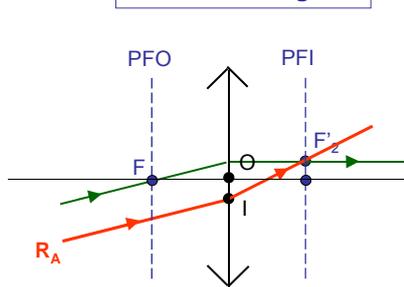
Tout faisceau parallèle sortant du système provient de rayons passant tous par un foyer objet secondaire unique ( $F_2$ ).

Cours N. Delorme – L1

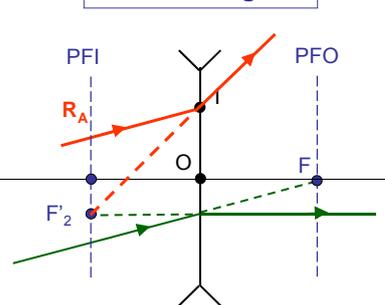
## Constructions géométriques

### Trajet d'un rayon lumineux quelconque

Lentille convergente



Lentille divergente



#### Rayon passant par $F$ :

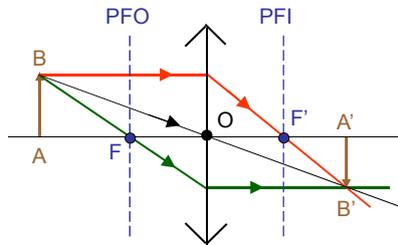
On trace un rayon parallèle à  $R_A$  et passant par  $F$ .  
Ce rayon doit repartir parallèlement à l'axe optique  
Le rayon émergent est parallèle à l'axe optique et coupe le PFI en  $F'_2$ .  
 $\Rightarrow$  le rayon émergent de  $R_A$  passera par  $I$  et  $F'_2$ .

Cours N. Delorme – L1

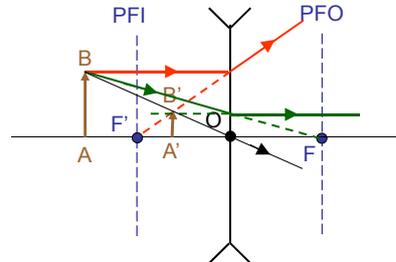
## Constructions géométriques

### Construction de l'image d'un objet plan

Lentille convergente



Lentille divergente



#### Deux rayons suffisent:

- Le rayon passant par B et parallèle à l'axe optique qui émergera en passant par F
- Le rayon passant par B et par F' qui émergera parallèle à l'axe optique.
- (→ Le rayon passant par le centre ne sera pas dévié)
- L'intersection des deux rayons donne la position de B'
- Puisqu'il y a aplanétisme on peut placer A'.

Cours N. Delorme – L1

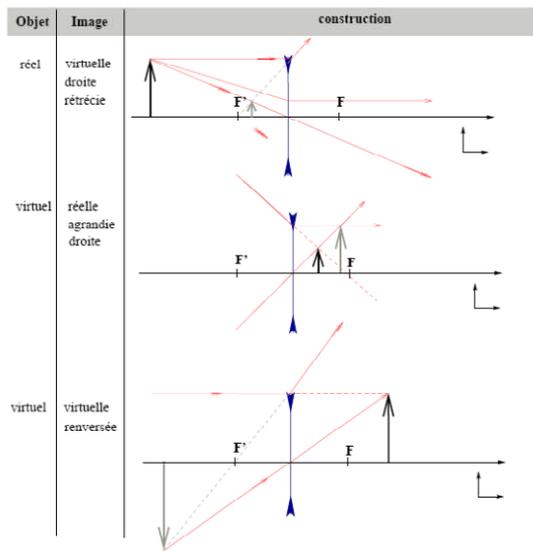
## Construction des images

### Cas des lentilles convergentes

Objet	Image	construction
réel	réelle renversée	
réel	virtuelle agrandie droite	
virtuel	réelle rétrécie droite	

Cours N. Delorme – L1

## Construction des images Cas des lentilles divergentes



Cours N. Delorme – L1

## Lentilles minces Résumé

- 1) Il faut savoir tracer le trajet des rayons lumineux
- rayon quelconque
  - objet quelconque

- 2) Il faut connaître 5 relations:

→ 3 pour le grandissement:

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

→ 2 formules de conjugaison:

$$FA \times F'A' = OF \times OF'$$

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

Cours N. Delorme – L1