

# **OPTIQUE 3 :** **Lentilles minces**

École Centrale Pékin

Année 3

**Table des matières**

Les lentilles sphériques sont les éléments essentiels de presque tous les instruments d'optique classiques, par exemple :

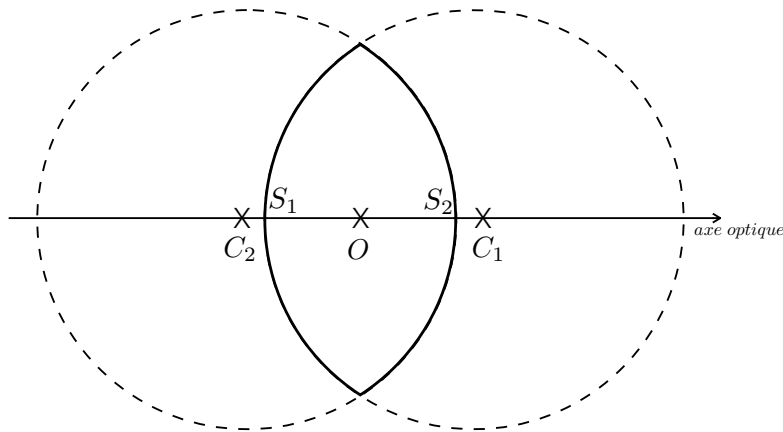
- les verres de lunette d'une personne myope sont des lentilles divergentes ;
- quand un texte est trop petit pour être lu, on utilise une loupe (lentille convergente) ;
- un objectif d'appareil photo est constitué d'une association de lentilles convergentes et divergentes ;
- l'objectif d'un microscope est une lentille épaisse convergente ;

Le but de ce chapitre est d'étudier les lentilles sphériques minces dans l'approximation de Gauss.

## 1 Lentilles optiques

### 1.1 Présentation et modélisation des lentilles

**Définition :** Une **lentille** est l'association de deux dioptries sphériques ou plans de même axe optique. La face d'entrée est de sommet  $S_1$  et de centre  $C_1$ , la face de sortie est de sommet  $S_2$  et de centre  $C_2$ . On place le centre  $O$  de la lentille au milieu du segment  $S_1S_2$ .



On peut classer les lentilles en différentes catégories en définissant au préalable :

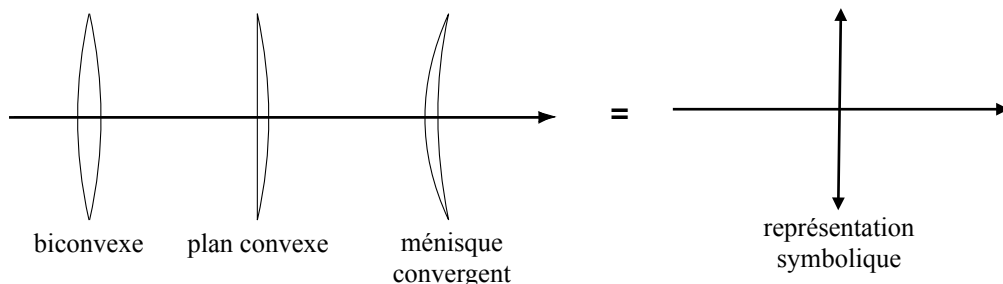
- les rayons de courbure des dioptries sphériques qui constituent la lentille sont  $|R_1| = |C_1S_1|$  à l'entrée et  $|R_2| = |C_2S_2|$  à la sortie,
- l'épaisseur  $e$  de la lentille est  $e = S_1S_2$

**Définition :** Une lentille est dite **mince** si son épaisseur  $e$  est très petite devant les rayons de courbure  $|R_1|$  et  $|R_2|$  des dioptries qui la constituent. On peut alors confondre les points  $O = S_1 = S_2$ . Sinon, la lentille est dite **épaisse**.

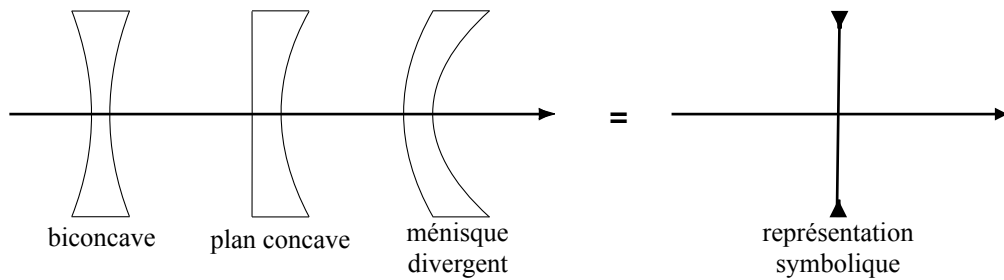
→ Dans ce cours nous n'étudierons que les lentilles minces.

En plus de cette séparation entre lentilles mince et épaisse, on classe les lentilles en fonction de leur forme et de leur effet sur un rayon lumineux incident :

**Définition :** On appelle **lentille convergente** une lentille mince à bords plus minces que le centre. On représente ce type de lentille par une double flèche vers l'extérieur :



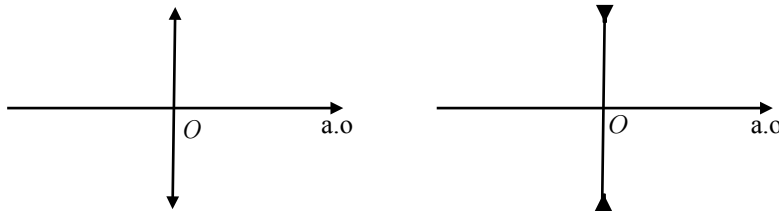
**Définition :** On appelle **lentille divergente** une lentille mince à **bords plus épais que le centre**.  
On représente ce type de lentille par une double flèche vers l'intérieur :



## 1.2 Points principaux d'une lentille mince

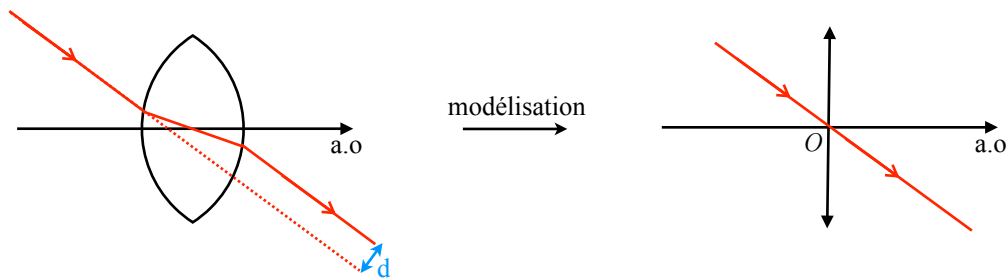
### 1.2.1 Centre optique d'une lentille

**Définition :** Le point  $O$  est appelé le **centre optique** de la lentille : dans le cas d'une lentille mince, le centre optique est confondu avec le point où la lentille croise l'axe optique.



**Propriété :** tout rayon lumineux passant par le centre optique d'une lentille (convergent ou divergent) n'est pas dévié.

En réalité le rayon lumineux est dévié d'une certaine quantité  $d$  définie entre la prolongation du rayon incident sans déviation (en l'absence de lentille) et le rayon émergent. Dans le cas des lentille mince, lorsque le rayon passe par le centre optique, la déviation  $d$  est très faible et on peut considérer que le rayon n'est pas dévié.



*Démonstration.*

□

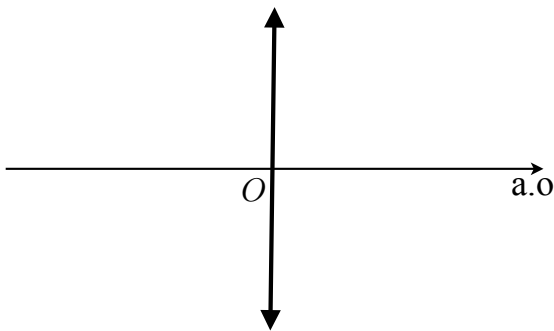
### 1.2.2 Foyers d'une lentille

Comme dans le cas du système optique vu au chapitre précédent, on définit les foyers et plans focaux d'une lentille.

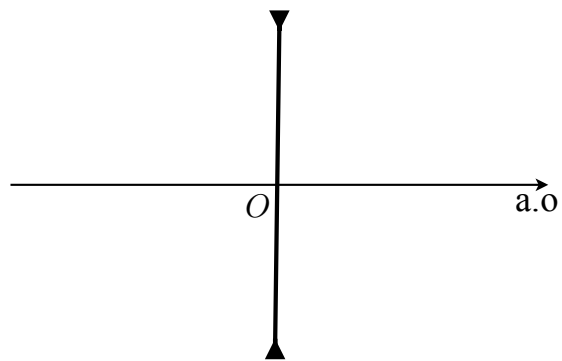
**Définition :** Le **foyer objet F** ou **foyer principal objet** d'une lentille est le point de l'axe optique d'où proviennent les rayons qui émergent parallèles à l'axe optique. Le plan qui perpendiculaire à l'axe optique contenant le point F est alors appelé **plan focal objet**. Tout point de ce plan hors de l'axe optique est appelé **foyer objet secondaire** : les rayons passant par le foyer objet secondaire émergent parallèles entre eux.

Le foyer principal objet, le plan focal objet et les foyers objets secondaires sont :

- **réels** pour une lentille **convergente**
- **virtuels** pour une lentille **divergente**



**FIGURE 1** – Foyer principal objet d'une lentille convergente

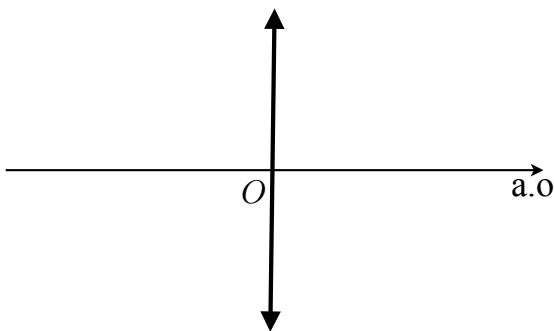


**FIGURE 2** – Foyer principal objet d'une lentille divergente

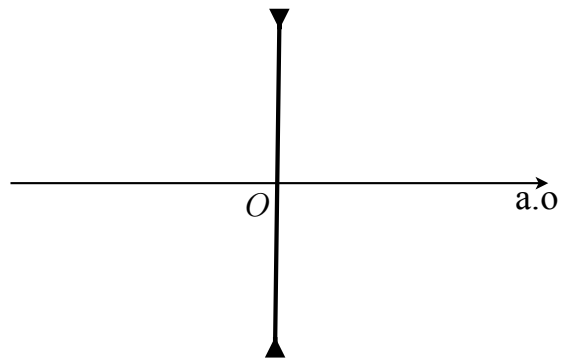
**Définition :** Le **foyer image F'** ou **foyer principal image** d'une lentille est le point de l'axe optique où se coupent les rayons incidents parallèles à l'axe optique après traversée de la lentille. Le plan qui perpendiculaire à l'axe optique contenant le point F' est alors appelé **plan focal image**. Tout point de ce plan hors de l'axe optique est appelé **foyer image secondaire** : les rayons passant par le foyer image secondaire correspondent à des rayons incidents parallèles entre eux.

Le foyer principal image, le plan focal image et les foyers image secondaires sont :

- **réels** pour une lentille **convergente**
- **virtuels** pour une lentille **divergente**



**FIGURE 3** – Foyer principal image d'une lentille convergente



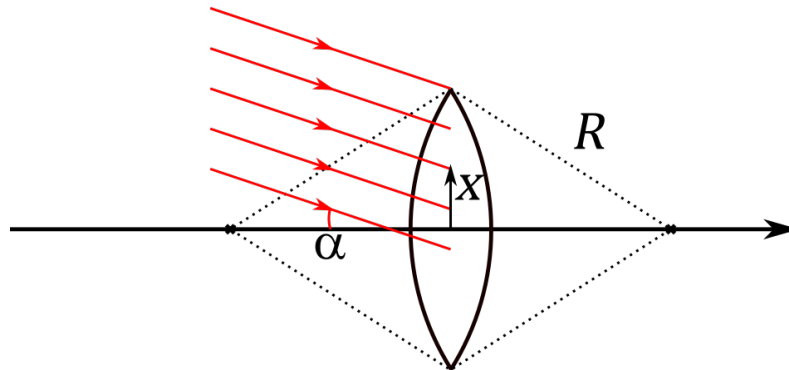
**FIGURE 4** – Foyer principal image d'une lentille divergente

**Définition :** Pour une lentille les foyers objets et images sont symétrique par rapport à la lentille.

### 1.2.3 Construction des foyers à partir des lois de SNELL-DESCARTES

On considère **une lentille mince convergente dans les conditions de Gauss** créée par deux dioptries de rayons de courbure  $R_1$  et  $R_2$ . Son indice optique est noté  $n$ .

On considère les rayons des rayons incidents parallèles. Ils traversent la lentille à une hauteur  $x$  avec un angle  $\alpha_1$  par rapport à l'axe optique.



Tous les rayons émergents se croisent en un même point du plan focal dont la distance à la lentille ne dépend que des caractéristiques de la lentille (ici des rayons  $R_1$  et  $R_2$  et de l'indice optique de la lentille  $n$ ) et la position de ce point sur le plan focal ne dépend que de l'angle  $\alpha_1$ .

*Démonstration.*

### 1.2.4 Règles de construction des rayons lumineux

À partir de ces définitions, on déduit des règles pour tracer certains rayons lumineux (voir chapitre 2) :

**Règles de construction des rayons lumineux :**

- si le rayon incident (ou son prolongement) passe par le point focal objet principal, il émergera parallèle à l'axe optique
- si le rayon incident (ou son prolongement) est parallèle à l'axe optique, alors le rayon émergent passera par le point focal image principal

Ces deux règles sont en réalité la même en appliquant le principe de retour inverse de la lumière.

Ces règles nous permettent de tracer les rayons émergents à partir de rayons incidents, mais l'inverse est possible : on peut construire les rayons incidents à partir des rayons émergents :

- si le rayon émergent (ou son prolongement) passe par le point focal image, il correspond à un rayon incident parallèle à l'axe optique
- si le rayon émergent (ou son prolongement) est parallèle à l'axe optique, alors il correspond à un rayon incident passant par le point focal objet principal.