# OPTIQUE 5 : Miroirs

École Centrale Pékin

Année 3

## Table des matières

# 2 Construction géométrique de base pour les miroirs sphériques

## 2.1 Construction d'un rayon émergent à partir d'un rayon incident

### 2.1.1 Cas d'un miroir concave

Considérons un miroir concave de foyer $F$. Un rayon incident quelconque arrive sur ce miroir, on peut construire le rayon émergent en suivant la procédure suivante similaire à celle des lentilles :

1. tracer le rayon parallèle au rayon incident passant par le centre $C$ : ce rayon n'est pas dévié
2. représenter le plan focal
3. tracer le rayon émergent à partir du miroir (continuité avec le rayon incident) en passant par l'intersection entre le plan focal et le rayon non dévié passant par le centre $C$.

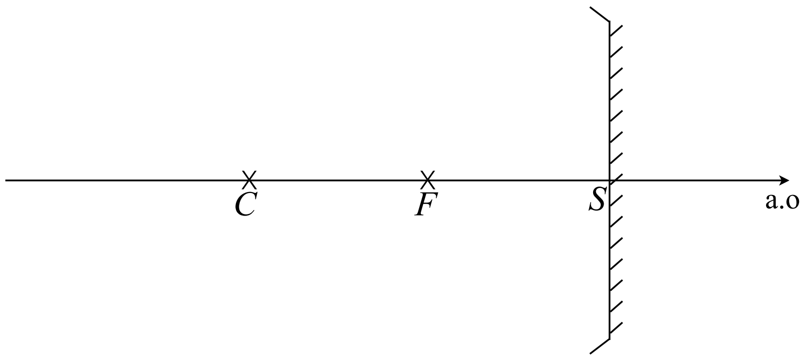
Une méthode alternative consiste à utiliser un autre rayon lumineux :

1. tracer le rayon parallèle au rayon incident passant par le foyer $F$ : ce rayon émerge parallèle à l'axe optique
2. représenter le plan focal
3. tracer le rayon émergent à partir du miroir (continuité avec le rayon incident) en passant par l'intersection entre le plan focal et le rayon parallèle à l'axe optique.

Une troisième méthode en utilisant le rayon passant par le sommet :

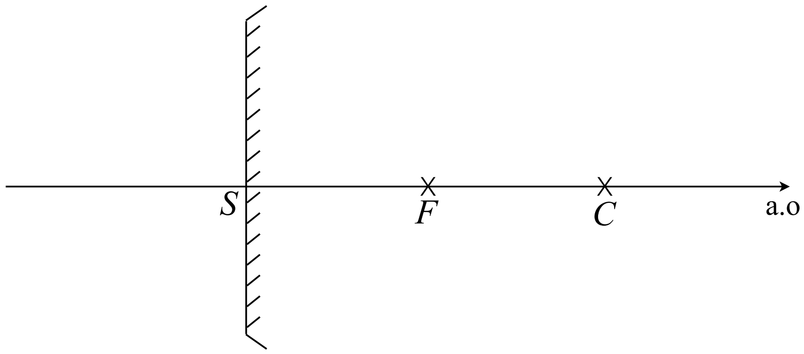
1. tracer le rayon parallèle au rayon incident passant par le sommet $S$ : ce rayon émerge symétriquement par rapport à l'axe optique
2. représenter le plan focal
3. tracer le rayon émergent à partir du miroir (continuité avec le rayon incident) en passant par l'intersection entre le plan focal et le rayon parallèle à l'axe optique.

Il y a donc trois façons de construire le rayon émergent à partir d'un rayon incident.




### 2.1.2 Cas d'un miroir convexe

On construit le rayon émergent d'un rayon incident quelconque pour un miroir convexe en suivant une procédure similaire à celle pour le miroir convexe (attention aux positions de $C$ et $F$ de l'autre côté du miroir).




### 2.2 Construction d'un rayon incident à partir d'un rayon émergent

Pour construire le rayon incident correspondant à un rayon émergent, on se base sur le principe du retour inverse de la lumière : la procédure est similaire à celle vue précédemment (partie 2.1).

### 2.3 Construction d'une image A'B' d'un objet transverse AB

On considère un objet AB transverse avec le point $A$ qui appartient à l'axe optique. On cherche à construire l'image $A'B'$ après réflexion sur le miroir. Comme dans le cas des lentilles, on se place dans les conditions de Gauss et l'image sera donc transverse : cela signifie qu'on ne cherche que la position du point image $B'$ ($A'$ sera le projeté de $B'$ sur l'axe optique). Ce point image $B'$ se situe à l'intersection des rayons issus de $B$ après réflexion sur le miroir : le problème revient donc à construire des rayons émergents.

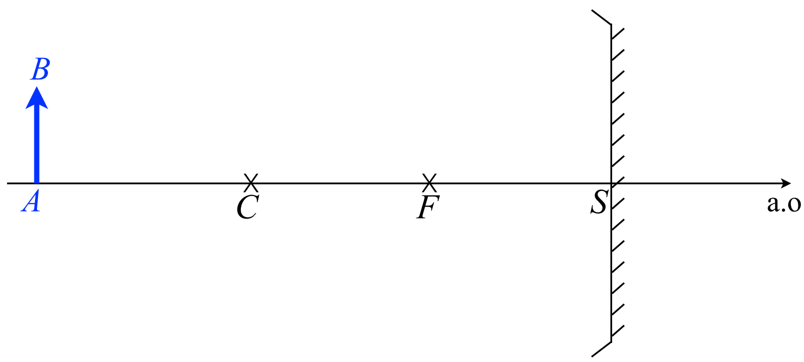
#### 2.3.1 Cas d'un miroir concave

Pour construire l'image $A'B'$ après réflexion sur un miroir concave, on a besoin de deux rayons : $B'$ se situe à l'intersection. Il existe plusieurs rayons exploitables facilement :

1. le rayon incident passant par $B$ parallèle à l'axe optique qui émerge en passant par le foyer $F$
2. le rayon incident passant par $B$ et par le centre $C$ du miroir qui n'est pas dévié
3. le rayon incident passant par $B$ et le foyer $F$ qui émerge parallèle à l'axe optique

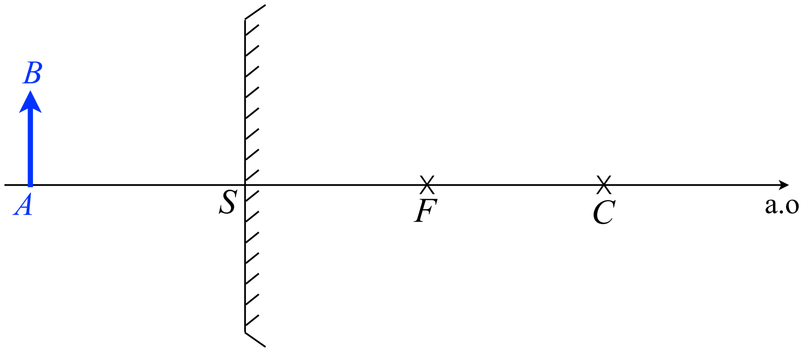
Ces trois rayons se croisent en $B'$ : on construit deux de ces trois rayons pour déterminer l'image $B'$. On termine par déterminer la position de $A'$ en projetant $B'$ sur l'axe optique.

**Remarque :** le rayon issu de $B$ passant au sommet $S$ est réfléchi symétriquement par rapport à l'axe optique et passe par $B'$.



### 2.3.2 Cas d'un miroir convexe

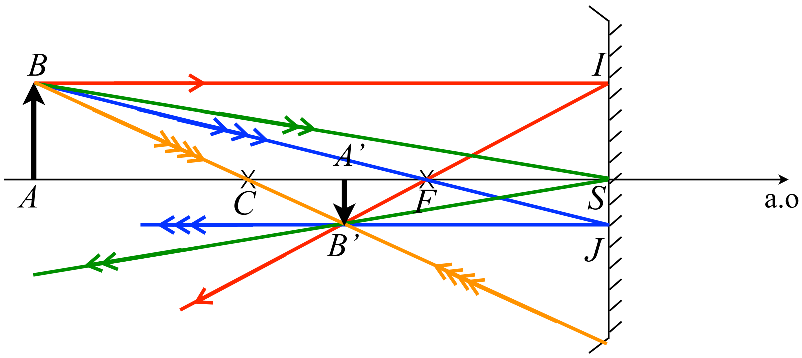
Pour construire l'image $A'B'$ après réflexion sur un miroir convexe, on utilise une méthode similaire à celle pour le miroir concave (attention : $C$ et $F$ sont à droite du miroir).




→ **Pour d'autres constructions d'images après réflexion sur un miroir, voir les feuilles annexes *Construction pour les miroirs sphériques concaves* et *Construction pour les miroirs sphériques convexes***

# 3 Relations de conjugaison et grandissement

Comme pour les lentilles, il existe des relations de conjugaisons reliant les positions de l'objet et de l'image aux caractéristiques du miroir.




## 3.1 Origine au foyer

**Théorème - Relation de conjugaison et grandissement avec origine au foyer :** Les distances algébriques $\overline{FA}$ et $\overline{FA'}$ sont liées à la distance focale $f$ du miroir par la relation :

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

Le grandissement transversal $\gamma$ s'écrit alors :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{f}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{FA'}}{f}$$

*Démonstration.* Les triangles $FAB$ et $FSJ$ sont semblables donc d'après le théorème de Thalès : $\frac{\overline{FA}}{\overline{FS}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{SJ}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{A'B'}}$

d'où $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{FS}}{\overline{FA}} = -\dfrac{f}{\overline{FA}}$

Les triangles $FA'B'$ et $FSI$ sont semblables donc d'après le théorème de Thalès : $\dfrac{\overline{FS}}{\overline{FA'}} = \dfrac{\overline{SI}}{\overline{A'B'}} = \dfrac{\overline{AB}}{\overline{A'B'}}$

d'où $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{FA'}}{\overline{FS}} = -\dfrac{\overline{FA'}}{f}$

On obtient : $\dfrac{\overline{FA'}}{f} = \dfrac{f}{\overline{FA}}$ donc $\overline{FA}.\overline{FA'} = f^2$ □

### 3.2 Origine au sommet

**Théorème - Relation de conjugaison et grandissement avec origine au sommet :** Les distances algébriques $\overline{SA}$ et $\overline{SA'}$ sont liées à la distance focale $f$ du miroir par la relation :

$$\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{1}{f} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

Le grandissement transversal $\gamma$ s'écrit alors :

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

*Démonstration.*

$$f^2 = \overline{FA}.\overline{FA'} = (\overline{FS} + \overline{SA}).(\overline{FS} + \overline{SA'}) = (-f + \overline{SA}).(-f + \overline{SA'})$$

$$\Leftrightarrow -f.\overline{SA} - f.\overline{SA'} + \overline{SA}.\overline{SA'} = 0$$
$$\Leftrightarrow \frac{1}{\overline{SA'}} + \frac{1}{\overline{SA}} = \frac{1}{f} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

Les triangles $ABS$ et $A'B'S$ sont semblables donc d'après le théorème de Thalès : $\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \gamma = -\dfrac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$ □

### 3.3 Origine au centre

**Théorème - Relation de conjugaison et grandissement avec origine au centre :** Les distances algébriques $\overline{CA}$ et $\overline{CA'}$ sont liées à la distance focale $f$ du miroir par la relation :

$$\frac{1}{\overline{CA}} + \frac{1}{\overline{CA'}} = -\frac{1}{f} = \frac{2}{\overline{CS}}$$

Le grandissement transversal $\gamma$ s'écrit alors :

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

*Démonstration.*

$$f^2 = \overline{FA}.\overline{FA'} = (\overline{FC} + \overline{CA}).(\overline{FC} + \overline{CA'}) = (f + \overline{CA}).(f + \overline{CA'})$$

$$\Leftrightarrow f.\overline{CA} + f.\overline{CA'} + \overline{CA}.\overline{CA'} = 0$$
$$\Leftrightarrow \frac{1}{\overline{CA'}} + \frac{1}{\overline{CA}} = -\frac{1}{f} = \frac{2}{\overline{CS}}$$

Les triangles $ABC$ et $A'B'C$ sont semblables donc d'après le théorème de Thalès : $\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \gamma = \dfrac{\overline{CA'}}{\overline{CA}}$ □

## 4 Le miroir plan

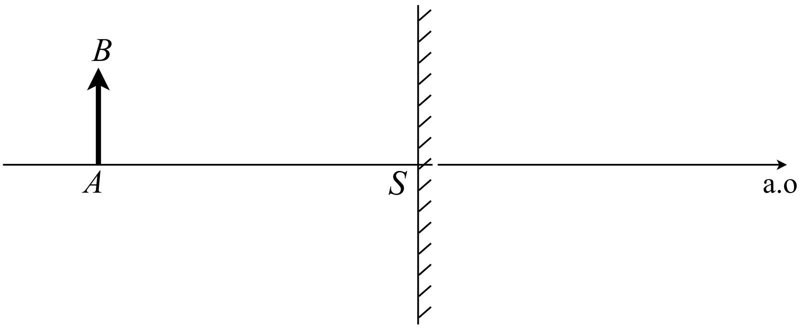
**Définition :** Le **miroir plan** peut être considéré comme un miroir sphérique de rayon $R \to \infty$ : $C$ et $F$ sont rejetés à l'infini, c'est un système afocal.

On ne considère alors plus que la relation de conjugaison avec origine au sommet qui devient :

$$\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = 0 \quad \text{soit} \quad \overline{SA'} = -\overline{SA}$$

L'image après réflexion sur un miroir plan est symétrique à l'objet par rapport au plan du miroir.

N'importe quel axe perpendiculaire au plan du miroir est un axe optique. De plus, $\overline{SA'} = -\overline{SA}$. Ainsi la construction d'une image après réflexion sur le miroir plan est facile à réaliser :




Ainsi, un objet réel (respectivement virtuel) donne une image virtuelle (respectivement réelle) droite de même taille après réflexion.

Pour le miroir plan, les grandeurs deviennent :
- pour le **grandissement** : $\gamma = 1$
- pour le grossissement : $G = -1$