

# Chapitre 1

## Optique géométrique

### 1 Rappels

#### 1.1 Lois de Descartes

##### Définitions

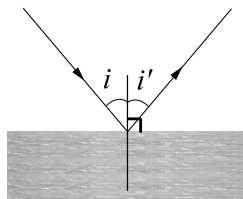
On définit le **plan d'incidence** comme celui généré par le rayon incident et la normale au dioptre.

Un **rayon lumineux** peut être considéré comme le trajet d'un photon. Dans un milieu homogène, la lumière se propage en ligne droite donc vérifier l'état de votre règle pour réaliser de jolis schémas.

##### Loi de la réflexion

Le rayon réfléchi appartient au plan d'incidence et vérifie

$$i = i'$$

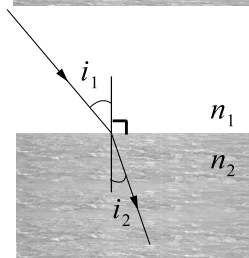



##### Loi de la réfraction

Le rayon réfracté appartient au plan d'incidence et les angles des rayons incident et réfracté vérifient

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

De cette relation, on déduit que le rayon réfracté se rapproche de la normale au dioptre lorsqu'il arrive dans un milieu d'indice plus élevé (plus réfringent).



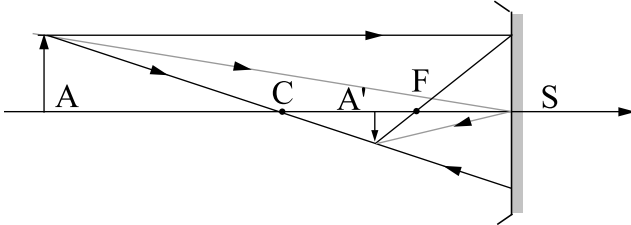
 **Mise en garde :** Par convention, les angles se mesurent à partir de la normale au dioptre et non par rapport au dioptre lui même.

## 1.2 Rayons remarquables

### Miroirs

Pour les miroirs convexe ou concave, vous êtes tenus de retenir trois tracés de rayon<sup>1</sup> :

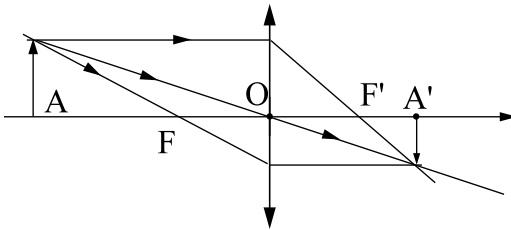
- tout rayon parallèle à l'axe optique ressort du miroir en passant par le foyer image;
- tout rayon passant par le centre du miroir (noté C) n'est pas dévié;
- tout rayon passant par le sommet du miroir se réfléchit comme pour un miroir plan.



### Lentilles

De même, pour les lentilles convergentes ou divergentes, vous êtes tenus de retenir trois tracés de rayon :

- tout rayon parallèle à l'axe optique ressort de la lentille ou du miroir en passant par le foyer image  $F'$ ;
- tout rayon passant par le foyer objet  $F$ , ressort de la lentille parallèlement à l'axe optique;
- tout rayon passant par le centre de la lentille (noté O) n'est pas dévié.




---

1. On vous en voudra vraiment beaucoup si vous ne les reprenez pas...

### 1.3 Formules de conjugaison et de grandissement

Les formules de conjugaison et de grandissement sont les outils indispensables pour traiter les exercices d'optique géométrique.

Formules de conjugaison	Miroir	Lentille
Origine au centre	$\frac{1}{\overline{CA'}} + \frac{1}{\overline{CA}} = \frac{2}{\overline{CS}}$	$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$
Origine au sommet	$\frac{1}{\overline{SA'}} + \frac{1}{\overline{SA}} = \frac{2}{\overline{SC}}$	
Origine aux foyers	$\overline{FA} \cdot \overline{FA'} = f^2$	$\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2$
Grandissement		
Origine au centre	$\gamma = -\frac{\overline{CA'}}{\overline{CA}}$	$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$
Origine au sommet	$\gamma = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$	
Origine aux foyers	$\gamma = -\frac{f}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{FA'}}{f}$	$\gamma = \frac{f'}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}$

Pour retrouver les signes de la formule de conjugaison d'une lentille, on suppose l'objet à l'infini ( $\overline{OA} \rightarrow -\infty$ ), on se souvient alors que l'image doit être dans le plan focal ( $\overline{OA'} = \overline{OF'}$ ). Les signes de formules de grandissement se retrouvent rapidement à l'aide de M. Thalès dès que l'on griffonne un schéma sur un coin de brouillon, le plus rassurant étant, bien sûr, de les savoir par cœur.

## 2 Calculer un angle de déviation

### 2.1 En utilisant chaque déviation

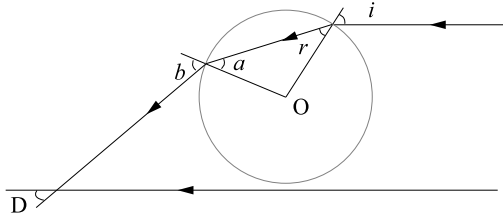
**Méthode : Déterminer la déviation à chaque dioptre**

Pour déterminer un angle de déviation, il est possible de sommer toutes les déviations à chaque fois que le rayon lumineux rencontre un dioptre.

*Exemple*

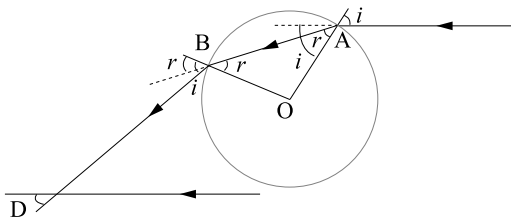
*D'après CCP 05*

On considère un rayon lumineux frappant une goutte d'eau d'indice  $n$  en formant un angle  $i$  par rapport à la normale au dioptre. L'indice de l'air sera pris égal à 1.



Déterminer les angles  $a$  et  $b$  puis l'angle de déviation  $D$ , en fonction de  $i$  et  $r$ .

Le triangle  $OAB$  étant isocèle, les angles  $a$  et  $r$  sont égaux. D'après les relations de Descartes,  $\sin i = n \sin r = \sin b$ . On en déduit que  $b = i$ . Pour obtenir l'angle  $D$ , remarquons que le rayon incident tourne au premier dioptre de  $i - r$  puis au second de  $i - r$ .



La déviation totale vaut donc

$$D = 2i - 2r$$

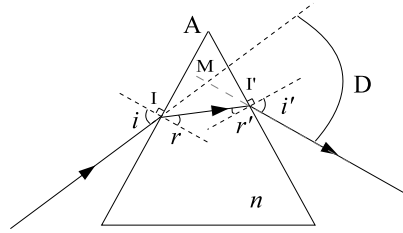
Cette méthode est, de loin, la plus rapide pour obtenir le résultat.

### 2.2 En utilisant les propriétés des triangles

**Méthode :**

1. Prolonger le rayon émergeant pour couper le rayon incident.
2. Exprimer l'angle entre les deux droites précédentes en fonction des angles dans les différents triangles de la figure.

**Exemple** Calculer l'angle de déviation  $D$  d'un rayon frappant un prisme d'angle  $A$  avec un angle d'incidence  $i$  et ressortant par un angle  $i'$  en fonction de  $A$ ,  $i$  et  $i'$ .





L'angle  $D$  vaut :  $D = \pi - \widehat{IMI'}$ . Or dans le triangle  $IMI'$ , on obtient

$$\pi = \widehat{IMI'} + i - r + i' - r'$$

d'où 
$$D = i + i' - r - r'$$

Dans le triangle  $IAI'$  on trouve :  $\pi = A + \pi/2 - r + \pi/2 - r'$ , soit  $A = r + r'$ .

d'où 
$$D = i + i' - A$$

  **Pour s'entraîner :** exercices 1, 2.

## 3 Faire une (jolie) figure

### 3.1 Conseils généraux

Dans la plupart des exercices d'optique, si l'on ne vous demande pas de faire un dessin, faites un croquis de votre propre initiative : il est confortable d'asseoir son raisonnement sur une figure.

#### Méthode :

- Faire une figure grande et aérée. Pour que les rayons soient bien visibles, les éloigner de l'axe optique <sup>a</sup>.
- Utiliser les rayons remarquables.

<sup>a</sup>. Vous n'êtes pas obligés de vous placer dans les conditions de Gauss.

Les rayons remarquables sont ceux que vous êtes censés savoir tracer : ceux parallèles à l'axe optique et ceux passant par le centre optique ou les foyers (cf. Rappels).

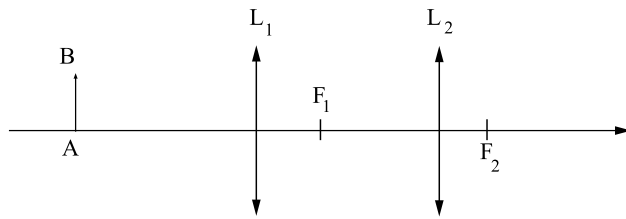
### 3.2 Cas d'un système à plusieurs lentilles ou miroirs

Lorsque le système optique contient plusieurs éléments, les dessins peuvent vite devenir confus.

**Méthode : Utiliser les images intermédiaires**

L'image de AB par la première lentille (ou miroir) devient objet pour la deuxième lentille. Pour trouver l'image finale par tout le système optique, il est tout à fait légitime de supposer que l'image intermédiaire  $A_1B_1$ , devenue objet émette dans toutes les directions. On peut alors déterminer son image par le deuxième élément.

**Exemple** Gorgibus place un objet aligné avec deux lentilles convergents  $L_1$  et  $L_2$ .



Tracer l'image  $A_2B_2$  de  $AB$  par ce système optique.

Pour obtenir  $A_2B_2$ , obtenons tout d'abord  $A_1B_1$ , image de  $AB$  par  $L_1$  puis l'image de  $A_1B_1$  par  $L_2$

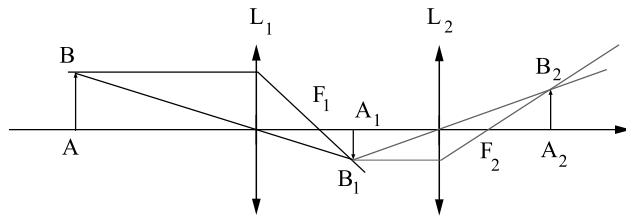



FIGURE 1.1 – Tracé d'une image par deux lentilles convergentes  $L_1$  et  $L_2$

 **Pour s'entraîner :** exercices 11 et 15.

### 3.3 Cas d'un rayon quelconque

Lorsqu'on vous impose de continuer un rayon, il faut connaître la méthode pour tracer l'évolution d'un rayon quelconque à la traversée d'une lentille (resp. d'un miroir).

**Méthode :**

1. Tracer un rayon parallèle au rayon quelconque passant par le centre optique (resp. le centre du miroir).
2. Ce rayon s'il était issu de l'infini a son point image dans le plan focal image. Aussi, à la vertical du foyer, repérer ce point que l'on nommera M.
3. Un faisceau de lumière parallèle focalise au même endroit, il faut donc continuer le rayon quelconque en direction du point M.

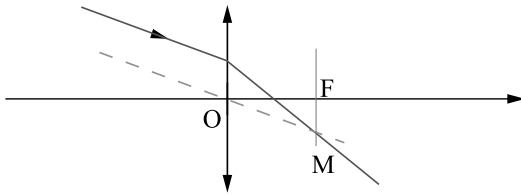
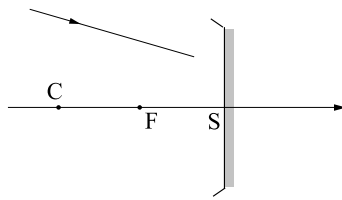


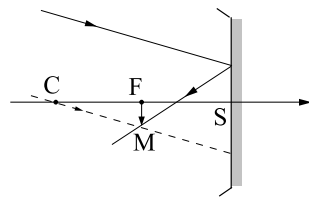
FIGURE 1.2 – Tracé d'un rayon quelconque

**Exemple** Melycerte découvre le miroir concave suivant :



Continuer le rayon proposé.

Traçons un rayon parallèle et passant par le centre C. Si le rayon venait de l'infini, l'image M serait au foyer F. On prolonge donc le rayon proposé en passant par M.



 **Pour s'entraîner :** exercices 5, 6 et 14.

## 4 Calculer la position et la dimension d'une image

### 4.1 Système à un seul élément (miroir ou lentille)

Les exercices de ce type sont des variations autour d'un même thème, il faut repérer dans l'énoncé les données caractérisant, le miroir ou la lentille, l'image et l'objet. Une lentille (ou un miroir) est déterminée par sa distance focale  $f'$  (ou son rayon de courbure  $R$ ). Le signe de  $f'$  ou de  $R$  permettant de déterminer s'il s'agit d'une lentille convergente ou divergente (d'un miroir concave ou convexe).

**Méthode : Utiliser les formules de grandissement et de conjugaison**

Un objet (ou une image) est déterminé(e) par sa position algébrique  $\overline{SA}$  ( $\overline{SA'}$ ) et sa taille algébrique  $\overline{AB}$  ( $\overline{A'B'}$ ). On vous donne 4 ou 5 informations, à vous de déterminer les quantités manquantes.

**Exemple** Covielle découvre un miroir sphérique concave de rayon  $R = 1,60$  m et de centre  $C$ . Trouver la position de l'objet  $A$  lorsque l'image  $A'$  est réelle, droite, et 3 fois plus petite que l'objet.

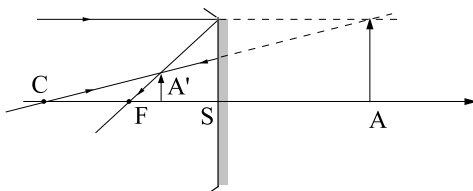
Si l'image est droite et réelle, alors l'objet est virtuel. On remplace ensuite dans la formule de conjugaison la position de l'image (inconnue) à l'aide du grandissement


$$\gamma = 1/3 = -\overline{SA'}/\overline{SA}$$


La formule de conjugaison  $1/\overline{SA'} + 1/\overline{SA} = 2/\overline{SC}$  devient

$$-\frac{1}{\gamma} \frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA}} = -\frac{2}{R}$$

d'où 
$$\overline{SA} = \frac{1 - \gamma}{\gamma} \frac{R}{2} = 1,60 \text{ m}$$



 **Mise en garde :** Il faut faire très attention au signe de chaque valeur algébrique. Un croquis rapide permet de se repérer.

 **Pour s'entraîner :** exercices 3, 4 et 7.