

## Table des matières

<b>1 Les systèmes optiques, notions d'image et d'objet</b>	<b>3</b>
1.1 Vocabulaire, rayons incidents et émergents . . . . .	3
1.2 Le stigmatisme rigoureux et approché . . . . .	4
1.3 Notion d'aplanétisme pour un système centré (moins important) . . . . .	5
<b>2 La réflexion sur un miroir plan</b>	<b>6</b>
2.1 Définition . . . . .	6
2.2 Construction d'une image . . . . .	6
2.3 Caractère virtuel ou réelle de l'image d'un objet . . . . .	6
<b>3 Images et objets pour les lentilles minces</b>	<b>9</b>
3.1 Lentilles minces et approximation de Gauss . . . . .	9
3.2 Point et plan focal image . . . . .	10
3.3 Point et plan focal objet . . . . .	12
3.4 Règles de constructions des images . . . . .	13
<b>4 Les relations algébriques des lentilles minces</b>	<b>15</b>
4.1 Point mathématique : les distances algébriques . . . . .	15
4.2 Distance focale et vergence . . . . .	15
4.3 Le grandissement . . . . .	15
4.4 Les relations de conjugaisons . . . . .	16
4.5 Condition expérimentale pour avoir une image réelle . . . . .	17



**Savoirs** ♥

- ▷ ♥ Vocabulaire des systèmes optiques : système optique; rayon incident/émergent; notion d'objet/image/conjugaison; stigmatisme et aplanétisme
- ▷ ♥ Image d'un objet par un miroir plan, stigmatisme du miroir plan
- ▷ ♥ Objet et image
  - ▷ objet réel, virtuel; image réelle, virtuelle.
  - ▷ visualisation des images réelle/virtuelle par un écran, un oeil
  - ▷ position par rapport au système optique.
- ▷ ♥ Lentille mince :
  - ▷ lentille convergente, lentille divergente
  - ▷ point focale objet et image; notion de distance focale
  - ▷ propriétés des plan focal objet et plan focal image
  - ▷ grandissement
  - ▷ tracer des rayons particuliers
- ▷ ♥ Longueur algébrique : définition et calcul : somme, soustraction et multiplication
- ▷ ♥ Relation de conjugaison de Newton et Descartes

**Savoir Faire****Partie "tracer des rayons" :**

 Tracer l'image d'un objet par un miroir plan; par une lentille convergente; par une lentille divergente; par un système de lentilles.

 Caractériser la nature d'objet ou d'image d'un point pour un système optique. Caractériser la nature réelle ou virtuelle d'une image.

**Partie "distances algébriques" :**

 Utiliser les relations de conjugaisons et un peu de géométrie pour trouver la position d'une image; d'un objet; d'une lentille

 Savoir manipuler grandissement; grossissement; taille et tailles apparentes pour un instrument d'optique

Après avoir défini la notion de système optique, nous introduirons dans un premier temps les notions d'optiques d'image et d'objet. Puis nous nous intéresserons à deux systèmes qui forment la base des systèmes optiques : les miroirs plans et les lentilles minces. Ce sont les systèmes de base de toute l'optique géométrique. Leur utilisation est très répandue. On peut citer par exemple les lunettes de vue, les objectifs des appareils photographiques, les lentilles des projecteurs, les télescopes ... Leur étude est donc d'une importance centrale pour tous les problèmes d'optique.

## 1 Les systèmes optiques, notions d'image et d'objet

☞☞☞ **Attention !** Toute cette partie sert à introduire les *mots de vocabulaires et notions* propre à l'optique. Il n'y a rien de "technique", néanmoins, ces mots de vocabulaires apparaîtront dans les questions : il s'agit de comprendre les termes !

### 1.1 Vocabulaire, rayons incidents et émergents

#### Définition. Système optique

Un système optique est un ensemble de milieux transparents et homogènes séparés par des dioptries ou des miroirs.

*Vocabulaire* : Système optique centré : il possède un axe de révolution, appelé *axe optique*.

Les plans orthogonaux à l'axe optique sont des *plans transverses*.

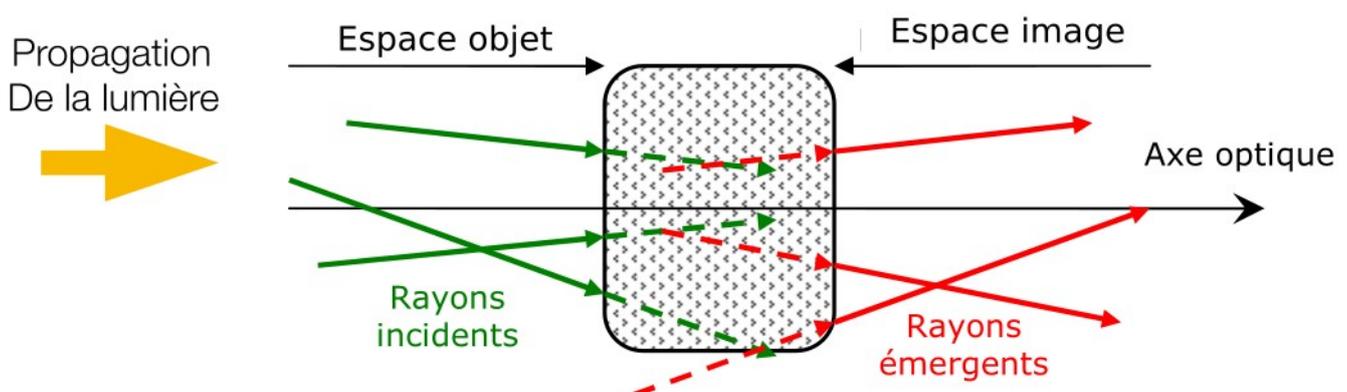
- ▷ **Système dioptrique** : ne contient que des dioptries
- ▷ **Système catoptrique** : ne contient que des miroirs
- ▷ **Système catadioptrique** : contient des dioptries et des miroirs

#### ► Rayons émergent et rayon incident

Soit un système optique (S)

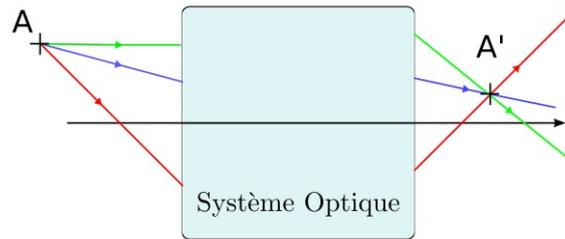
- ▷ **Un rayon incident** est la partie du rayon extérieure à (S), qui se dirige vers (S)
- ▷ **Un rayon émergent** est la partie du rayon extérieure à (S), qui sort de (S)
- ▷ La face d'entrée de (S) est la face de (S) située du côté des rayons incidents.
- ▷ La face de sortie de (S) est la face de (S) située du côté des rayons émergents.
- ▷ **L'espace objet** est situé avant la face d'entrée.
- ▷ **L'espace image** est situé après la face de sortie.

Résumer en un schéma



☞☞☞ **Attention !** Toutes ces définitions dépendent du sens de propagation de la lumière!! Les termes "avant" et "après" se rapportent au sens de propagation de la lumière à travers le système optique.

► **Notion d'objets et d'images**



**Définition. Objet, image et conjugaison**

Soit un système optique (S). On place une source lumineuse ponctuelle en A.

- ▷ l'**image** de A notée A' est la zone de l'espace où rayons issus de A **convergent ou semblent converger** après la traversée de (S).
- ▷ A est l'antécédent de A', c'est un **objet** pour (S).
- ▷ A et A' sont dits **conjugués** par le système (S).

🚫🚫🚫 **Attention !** Le "semblent converger" n'a pas beaucoup de sens pour le moment. Nous développerons ce point plus tard.

On notera les relations de conjugaison par :  $A \xrightarrow{\text{système}} A'$

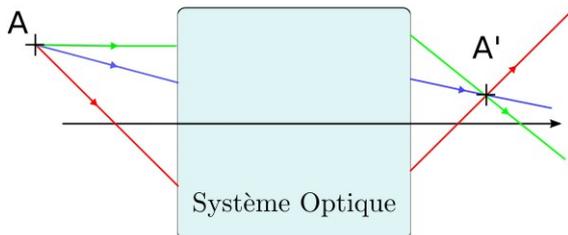
**1.2 Le stigmatisme rigoureux et approché**

► **Stigmatisme rigoureux**

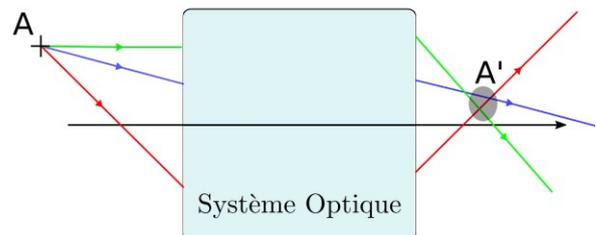
L'image A' d'un point objet A est la zone de l'espace où les rayons émergents issus de A convergent. Deux cas alors :

- ▷ les rayons convergent en un point : l'image formée est nette, c'est le stigmatisme rigoureux
- ▷ les rayons convergent en une zone étendue : l'image formée est floue, c'est le stigmatisme approché

**Rigoureux**



**Approché**



*Exemple 1 : Un miroir plan est le seul système optique rigoureusement stigmatique : quelque soit l'endroit où on se place, on se voit net dans le miroir.*

► **Les détecteurs de lumières et le stigmatisme approché**

- ▷ stigmatisme rigoureux : un point → une point ; l'image est nette
- ▷ stigmatisme approché : un point → une tâche ; l'image est floue

Mais si la taille de la tâche est plus petite que la précision de l'appareil, on ne fera pas la différence entre stigmatisme approché et rigoureux.

*Exemple 2 : L'objectif d'un appareil photo fait d'un objet ponctuel une tâche de 3µm de diamètre. Si la taille des capteurs CCD est plus grande que 3µm, l'image apparaîtra nette.*

**Propriété. Équivalence entre stigmatisme rigoureux et approché**

Si la zone de convergence au voisinage de A' est plus petite que la précision de l'appareil, stigmatisme rigoureux et stigmatisme approché sont équivalents.

### 1.3 Notion d'aplanétisme pour un système centré (moins important)

Soient  $A$  et  $A'$  deux points de l'axe optique conjugués. Le but d'un instrument d'optique est faire l'image d'un objet, c'est-à-dire d'un système de point.

**Définition. Aplanétisme**

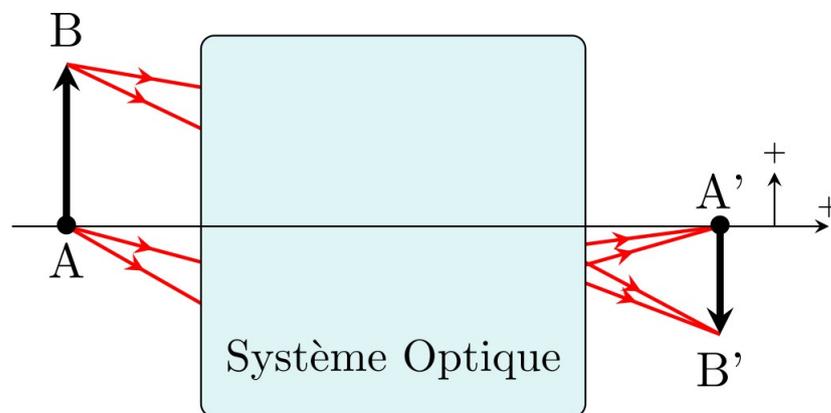
On considère un point  $B$ , voisin de  $A$ , tel que  $(AB)$  soit transverse à l'axe optique. Il y a aplanétisme pour  $(A, A')$  l'image  $B'$  telle que  $(A'B')$  soit également transverse.

On gardera à l'esprit :

$$\text{aplanétisme} \iff \text{objet perpendiculaire} \Rightarrow \text{image perpendiculaire}$$

L'aplanétisme est rigoureux (approché) si les points sont conjugués avec leurs images au sens du stigmatisme rigoureux (approché).

*Exemple 3 : L'aplanétisme rigoureux : tous les rayons issus de  $A$  et  $B$  convergent en  $A'$  et  $B'$  ET comme  $AB$  est perpendiculaire à l'axe optique alors  $A'B'$  l'est aussi.*



**Application 1 :** Représenter comme précédemment un système :

1. qui respecte le stigmatisme rigoureux mais qui ne respecte pas l'aplanétisme
2. qui respecte un aplanétisme approché

**Application pratique de l'aplanétisme rigoureux :**

Si un système respecte l'aplanétisme rigoureux (ce qui sera le cas par la suite), il suffit de trouver  $B'$  pour avoir  $A'$  :  $A'$  est le projeté orthogonal de  $B'$  sur l'axe optique.

**Maîtrise d'un système optique**

1. connaître les tracés des rayons particuliers pour tracer les images
2. savoir manipuler les relations de conjugaisons et les distances algébriques

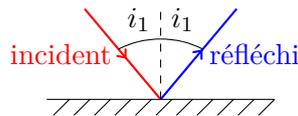
La connaissance du tracé des rayons particuliers permet de construire une image à partir d'un objet.

**2 La réflexion sur un miroir plan**

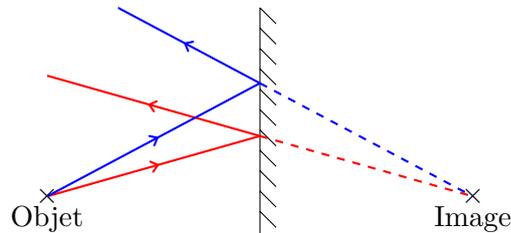
**2.1 Définition**

**Définition. Miroir plan**

Un miroir plan est un dispositif qui réfléchit totalement la lumière. La réflexion sur un miroir se fait en conservant l'angle d'incidence.



**2.2 Construction d'une image**



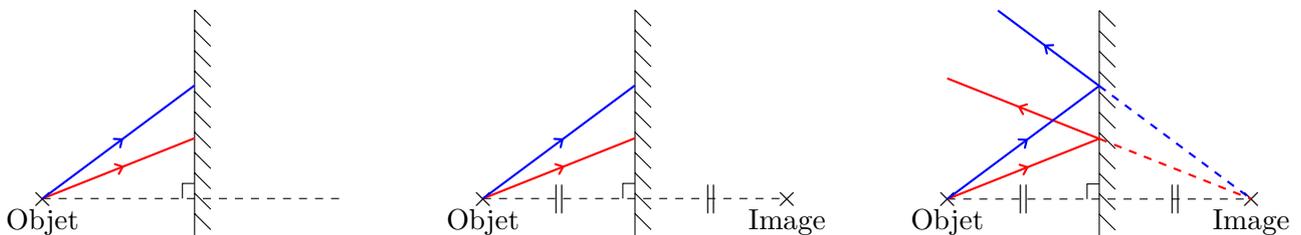
L'image d'un objet ponctuel est située à l'endroit où semblent se croiser les rayons lumineux après la réflexion sur le miroir.

**Propriété. Image d'un point par un miroir plan**

L'image d'un point objet par un miroir plan est son symétrique par rapport au plan du miroir.

☛☛☛ **Attention ! Pour construire l'image par un miroir, on utilise cette propriété et non pas celle sur la conservation de l'angle d'incidence de la définition.**

*Comment construire un symétrique ?*



☛☛☛ **Attention !** Les traits en pointillé sont des traits de construction et ne correspondent pas à de véritables rayons lumineux.

**2.3 Caractère virtuel ou réelle de l'image d'un objet**

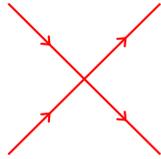
On remarque que les rayons émergents du miroir ne se croisent jamais. Pour trouver l'endroit de leur convergence, il faut les prolonger "à la main" ce qui se traduit par des pointillés.

**Définition. Image réelle, image virtuelle**

**Image réelle**

Une image réelle est un point où **convergent réellement** les rayons lumineux émergents d'un système optique.

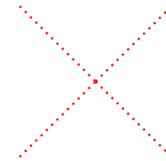
⇒ pas besoin de les prolonger à la main, au croisement de rayons lumineux (traits pleins)



**Image virtuelle**

Une image virtuelle est un point où **semblent converger** les rayons lumineux émergents d'un système optique.

⇒ il faut les prolonger à la main, au croisement de tracé géométrique (traits pointillés)



De la même façon on peut définir un objet réel (les rayons partent réellement de ce point) et un objet virtuel (les rayons semblent partir de ce point).

**Exemple 4 : Objet et image pour un miroir plan**

- ▷ les rayons lumineux qui arrivent sur le miroir plan proviennent bien d'un point : c'est un objet réel.
- ▷ les rayons lumineux émergents ne convergent pas en un point, il faut les prolonger. C'est une image virtuelle.

► **Image réelle, image virtuelle et visualisation**

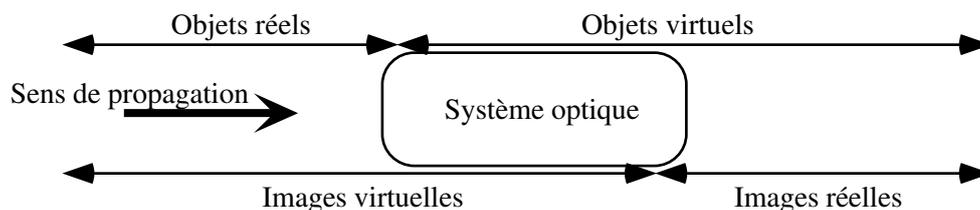
Il est important de connaître la nature de l'image afin de savoir comment la visualiser.

**Propriété. Visualiser une image**

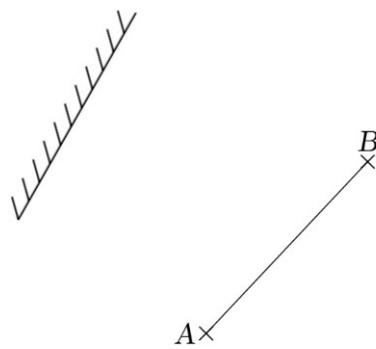
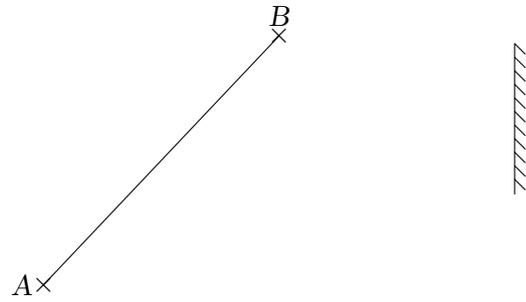
- ▷ **image réelle** : une image réelle peut apparaître sur un écran (*écran de cinéma*) ou sur un capteur (*pellicule photo ou capteur numérique*) si on place ces derniers au niveau de l'image.
- ▷ **image virtuelle** : une image virtuelle peut être vue à l'œil nu ou avec un appareil photo si ce dernier fait la mise au point sur la position de l'image.

*Exemple 5 : Dans le cas d'un miroir, il est impossible de faire apparaître l'image (i.e. le reflet) sur un écran. Par contre on peut la voir à l'oeil ou à l'aide d'une photo. C'est bien une image virtuelle.*

**Astuce** : position et nature



*Application 2 : Tracer l'image de l'objet AB dans les situation ci-dessous, ainsi que quatre rayons émergents (deux pour chaque point).*



### 3 Images et objets pour les lentilles minces

#### 3.1 Lentilles minces et approximation de Gauss

► **Définition**

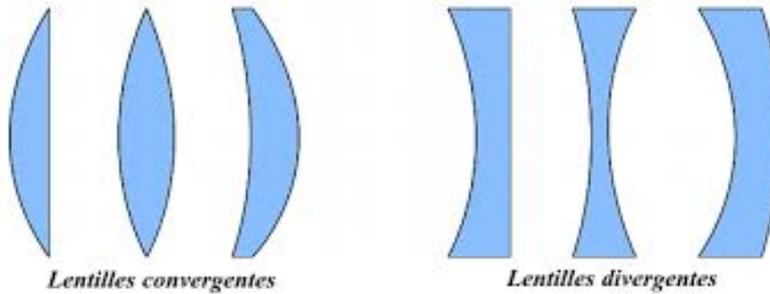
**Définition. Lentille et lentille mince**

Une **lentille** est un bloc de verre (ou d'un autre matériau transparent) servant à faire converger ou diverger la lumière.

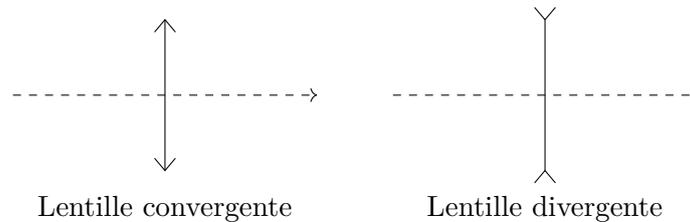
Une lentille est dite **mince** si elle est peu bombée.

▷ Une lentille **convergente** : elle est à bord mince.

▷ Une lentille est dite **divergente** : elle est à bord épais.



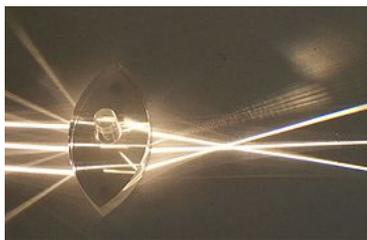
**Représentation des lentilles minces**



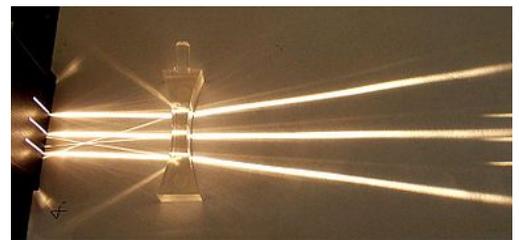
**Fig. 1** – Représentation schématique des lentilles.

🚫🚫🚫 **Attention !** On les représente toujours avec un axe en pointillée au centre. Cet axe, nommé **axe optique**, est **orienté** et représente le sens de propagation de la lumière.

*Expérience 1 :*



**Fig. 2** – Convergente : la lumière converge.



**Fig. 3** – Divergente : la lumière diverge.

► **Conditions de Gauss**

$$\text{Image nette} \iff \text{stigmatisme} + \text{aplanétisme}$$

**Définition. Condition de Gauss**

Les **conditions de Gauss** impliquent que les rayons lumineux traversant la lentille soient :

- ▷ peu inclinés par rapport à l'axe optique ;
- ▷ peu éloignés de l'axe optique lorsqu'ils atteignent la lentille.

**Propriété. Condition de Gauss et stigmatisme**

Sous les conditions de Gauss, les lentilles minces vérifient un stigmatisme et aplanétisme approché.

**Astuce :** Sur papier (exercice, DS, ...) on se placera toujours dans les conditions de Gauss. Elles sont importantes surtout en TP.

Pour construire les images d'un objet avec une lentille, nous avons besoin d'utiliser et de définir trois points particuliers.

**Définition. Centre optique**

Le centre optique d'une lentille, généralement noté O, est situé à l'intersection de la lentille et de l'axe optique.

**Premier rayon particulier :** tout rayon lumineux passant par le centre n'est pas dévié.



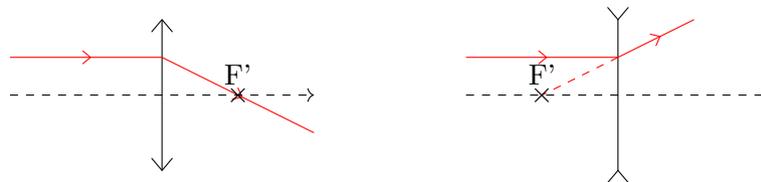
**Fig. 4** – Les rayons passant par le centre O d'une lentille ne sont pas déviés.

### 3.2 Point et plan focal image

► **Le point focal image**

**Définition. Point focale image**

**Deuxième rayon particulier :** tout rayon incident parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en passant ou en semblant passer par le **point focal image**, noté F', situé sur l'axe optique.



⚠️ ⚠️ ⚠️ **Attention !**

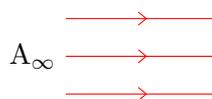
- ▷ Lentilles convergentes : le point focal image est derrière la lentille
- ▷ Lentilles divergentes : le point focal image est devant la lentille.

► **Représentation d'un objet et d'une image à l'infini**

Un objet est dit à l'infini s'il est situé « très loin » devant la lentille.

**Propriété. Rayon dun objet à l'infini**

Un objet ponctuel situé à l'infini devant la lentille est représenté par un faisceau de rayons parallèles.



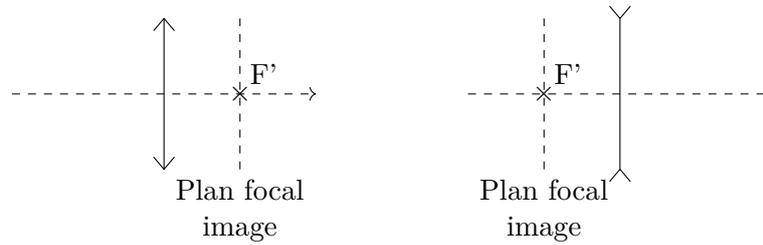
**Définition. Image à l'infini**

Lorsque les rayons émergents d'une lentille sont parallèles entre eux, l'image est dite **à l'infini**.

► Le plan focal image

**Définition. Plan focal image**

Le plan orthogonal à l'axe optique passant par le point focal image est le **plan focal image**.



**Propriété. Rayons parallèles et plan focal image**

Un faisceau de rayons parallèles converge en un même point sur le plan focal image.

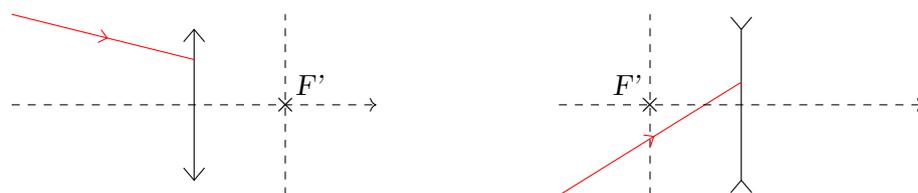
*Exemple 6 : Tracer la trajectoire d'un rayon qui n'est pas un rayon particulier*

1 : faire apparaître le plan focal image

2 : tracer le rayon parallèle passant par le centre optique

3 : le rayon émergent passe par le même point au niveau du plan focal

*Application 3 : Tracer les rayons émergents pour les rayons suivants.*

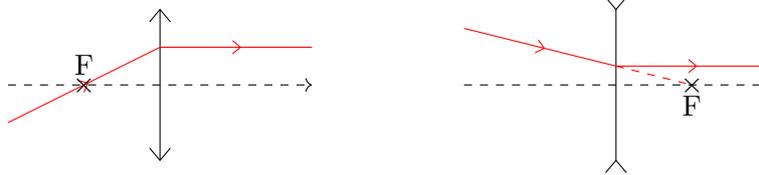


### 3.3 Point et plan focal objet

#### ► Le point focal objet

**Définition. Point focal objet**

**Troisième rayon particulier :** tout rayon passant ou semblant passer par le point focal objet, noté  $F$ , situé sur l'axe optique émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.

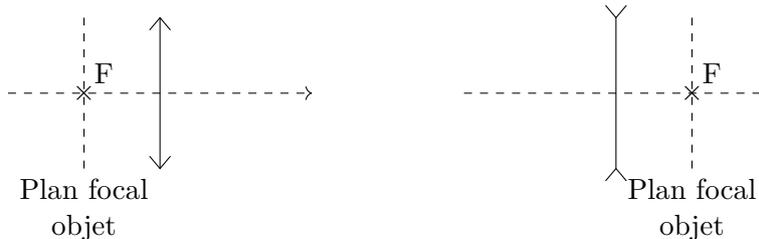


🚫🚫🚫 **Attention !**

- ▷ Lentilles convergentes : le point focal objet est devant la lentille
- ▷ Lentilles divergentes : le point focal objet est derrière la lentille.

#### ► Le plan focal objet

**Définition. Plan focal objet** Le plan orthogonal à l'axe optique passant par le point focal objet est le **plan focal objet**.



**Fig. 5** – Les plans focaux objets.

**Propriété. Image du plan focal objet**

Tout objet ponctuel placé dans le plan focal objet aura son image à l'infini  $\Rightarrow$  tous les rayons sortiront parallèles entre eux.

Pour tracer les rayons émergents d'un point quelconque du plan focal objet :

- ▷ tracer le rayon non dévié passant par ce point (ou semblant y passer) et par le centre optique.
- ▷ tous les rayons incidents passant par le point et arrivant sur la lentille émergeront parallèlement à ce rayon

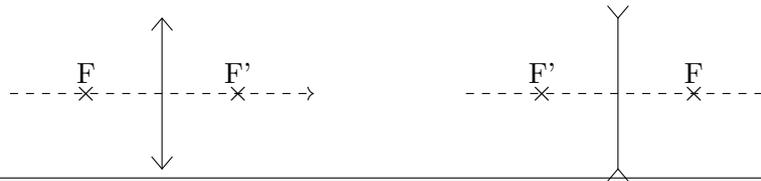
*Application 4 : Tracer les faisceaux de rayons émergents des points objets  $A$  suivants.*



► Relation entre les deux points focaux

**Propriété.**

Les points focaux images et objets d'une lentille mince sont symétriques l'un de l'autre par rapport au plan de la lentille.



3.4 Règles de constructions des images

► Règles de constructions

**Propriété. Construction d'une image**

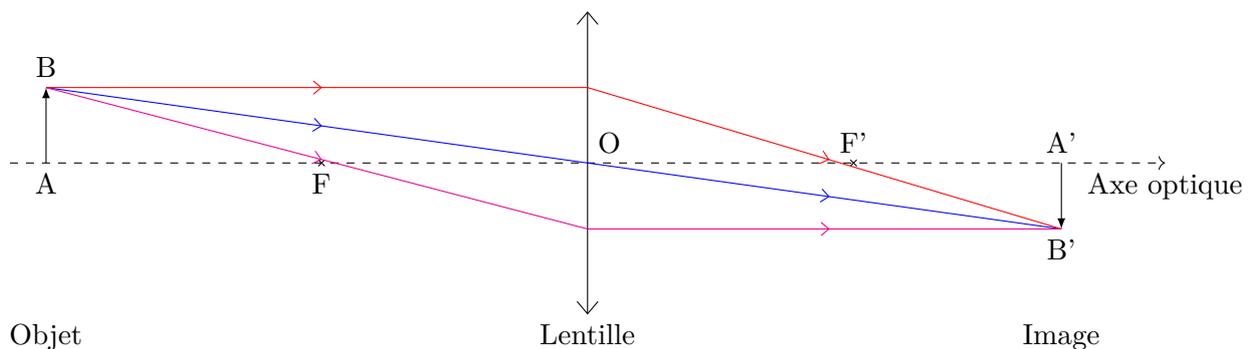
Pour construire l'image d'un objet à distance finie, on construit **2 des 3 rayons** :

1. le rayon passant par le centre non dévié ;
2. le rayon incident semblant passer par le foyer objet F qui émerge parallèlement à l'axe optique ;
3. le rayon incident parallèle à l'axe optique qui émerge en semblant par le foyer image F'.

Cette trois rayons se croisent géométriquement en un unique point qui forme l'image de l'objet.

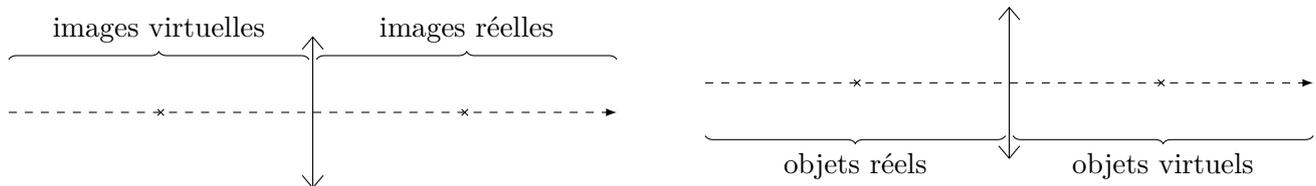
**Astuce :** les rayons sont classés ici par ordre de difficultés de tracer.

Pour trouver l'image de l'objet AB perpendiculaire à l'axe, on construit l'image B' de B. Par aplanétisme, A' s'obtient en, projetant B' sur l'axe.



► Caractère réel ou virtuel des objets et des images

*Astuce pratique :*

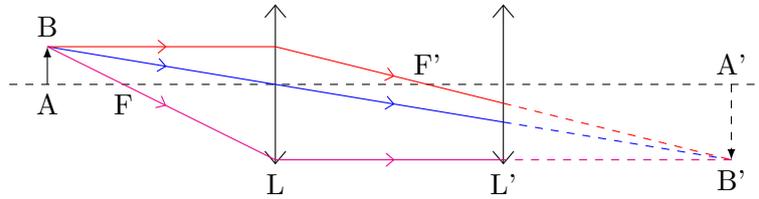


**Application 5 :** Construire les images dans les 12 cas indiqués dans le document en annexe.

*A faire une fois, deux fois, cent fois*

► Quand il y a plusieurs lentilles ...

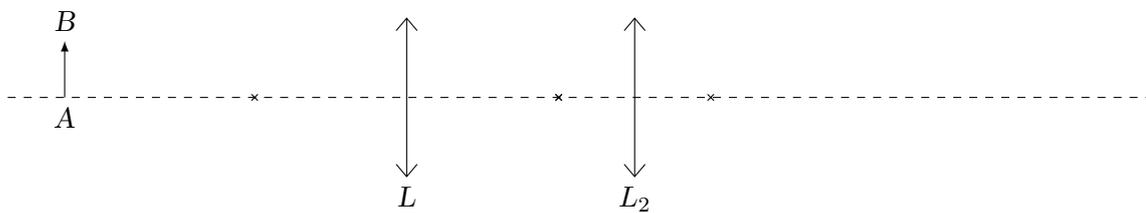
1. Le caractère objet/image et réel/virtuel d'un objet n'est pas absolu : il dépend de la lentille qu'on considère.



L'objet initial  $AB$  a pour image  $A'B'$  à travers la lentille  $L$ . Pour la lentille  $L$ , l'image  $A'B'$  est réelle. Or cette image est derrière la lentille  $L'$ . Ainsi,  $A'B'$  est un objet virtuel pour cette seconde lentille  $L'$ .

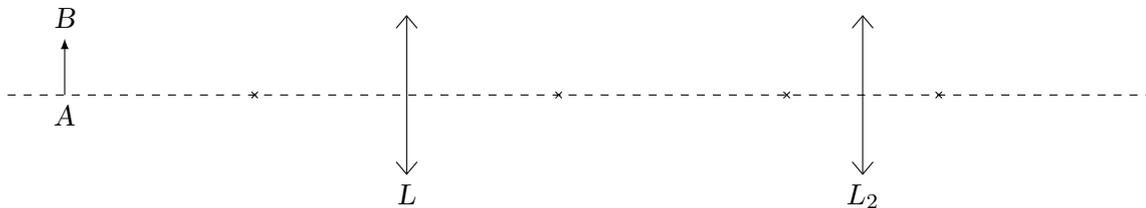
2. Pour tracer l'image d'un objet  $AB$  à travers plusieurs lentilles :
- ▷ on trace  $A_1B_1$ , l'image de  $AB$  par la première lentille **en ignorant toutes les autres lentilles**
  - ▷ on trace l'image de  $A_1B_1$  par la deuxième lentille et ainsi de suite
  - ▷  $A'B'$  est l'image générée par la dernière lentille.

**Application 6 : La lunette de Galilée :** Tracer  $A'B'$  image de  $AB$  par le système  $\{L_1 + L_2\}$ .



**Application 7 :**

Tracer  $A'B'$  image de  $AB$  par le système  $\{L_1 + L_2\}$ .



## 4 Les relations algébriques des lentilles minces

### 4.1 Point mathématique : les distances algébriques

**Définition. Distance algébrique**

On note  $\overline{AB}$  la distance algébrique entre les points A et B. Cette distance s'exprime en mètres et est négative si B est devant A par rapport à l'orientation de l'axe optique et positive dans le cas contraire.



\*\*\* **Attention !** Les définitions dépendent de du sens de l'axe optique! Pour un axe optique allant de gauche à droite, une distance algébrique  $\overline{AB}$  c'est :

- ▷ un signe
  - ▷ + si on va de gauche à droite ou de bas en haut
  - ▷ - si on va de droite à gauche ou de haut en bas

▷ un longueur  $AB$

Les grandeurs algébriques vérifient la relation  $\overline{AB} = -\overline{BA}$  et, si A, B et C sont sur le même axe  $\overline{AB} = \overline{AC} + \overline{CB}$ .

### 4.2 Distance focale et vergence

► **Distance focale**

**Définition. Distance focale  $f'$**

La distance focale  $f'$  d'une lentille vaut

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

avec O le centre de la lentille et F' le point focal image.

Cette distance s'exprime en mètres.

On a par ailleurs  $\overline{OF'} = -\overline{OF}$  car les foyers sont symétriques l'un de l'autres.

**Propriété.**

Une lentille **convergente** a une distance focale  $f'$  **positive**.

Une lentille **divergente** a une distance focale  $f'$  **négative**.

*Infini ou pas infini :*

une distance  $D$  sera considérée comme "l'infini" si :  $D > 10f'$ . On le note  $D \gg f'$ .

**Définition. Vergence**

La **vergence**  $v$  d'une lentille est définie par

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

Sa dimension est l'inverse d'une distance, dont l'unité est la **dioptrie** notée  $\delta$ .

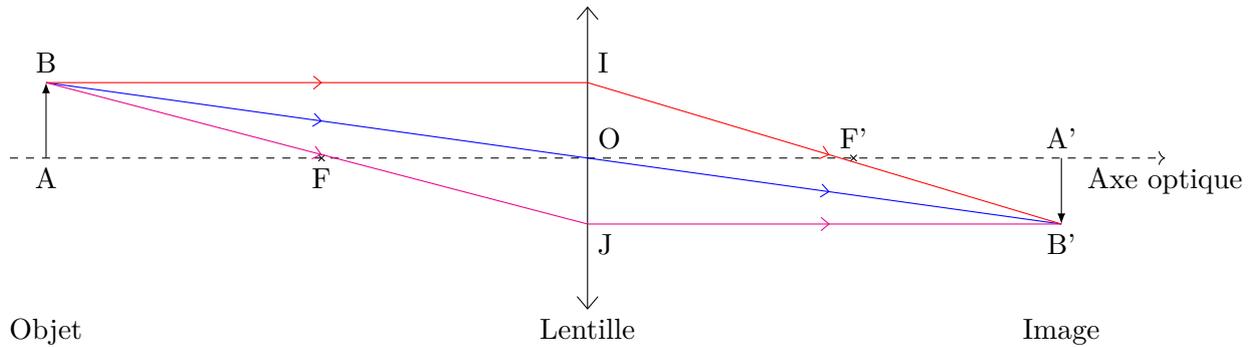
### 4.3 Le grandissement

**Définition. Grandissement transversale**

Le grandissement transversal est donné par la relation

$$\gamma = \frac{\text{taille de l'image}}{\text{taille de l'objet}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

\*\*\* **Attention ! Le grandissement est algébrique, son signe dépend des orientations relatives de  $AB$  et  $A'B'$ .**



Les triangles ABO et A'B'O sont opposés par le sommet, le théorème de Thalès indique

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad (4.1)$$

On vérifie *a posteriori* que les signes algébriques correspondent.

**Propriété.**

Le **grandissement transversal** est donné par la relation

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

*Astuce pratique* : je connais la position des objets et images  $\Rightarrow$  je connais le grandissement

#### 4.4 Les relations de conjugaisons

##### ► La relation de Newton

**Propriété. Relation de conjugaison de Newton**

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

avec F le foyer objet, F' le foyer image, A' l'image de l'objet A et  $f'$  la distance focale.

⚠ ⚠ ⚠ **Attention !**  $\overline{FA}$  et  $\overline{F'A'}$  sont de signes opposés : il y a donc un moins !

*Cas extrêmes :*

▷ objet est très près du point focal :

$FA$  très petit alors  $F'A'$  est très grand pour vérifier l'égalité : l'image est à l'infini

▷ objet très loin :

$FA$  très grand alors  $F'A'$  est très petit pour vérifier l'égalité : l'image est au point focal image

##### ► La relation de Descartes

**Propriété. Relation de conjugaison de Descartes**

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}}$$

avec O le centre, A' l'image de l'objet A et  $f'$  la distance focale.

*Cas extrêmes :*

▷ pour un objet à l'infini  $\overline{OA} = -\infty$ , d'où  $\frac{1}{\overline{OA}} = 0$  et  $\overline{OA'} = f'$  ;

▷ pour une image à l'infini  $\overline{OA'} = +\infty$ , d'où  $\frac{1}{\overline{OA'}} = 0$  et  $\overline{OA} = -f$ .

**Remarque :** Si le dessin de l'image est bien réalisé, la mesure des distances sur la construction géométrique vérifie cette relation.

**Méthode en DS. Exercices et lentilles**

Dans un exercice d'optique géométrique avec des lentilles, deux catégories de questions :

- ▷ tracer des rayons : 🚫🚫🚫 **Attention !** à la propreté du tracé
  - ▷ trouver des grandissements, grossissement, longueurs, ...
- pour chaque lentille : une relation de conjugaison (♡ Descartes ♡) et le grandissement

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \quad \text{et} \quad \overline{A'B'} = \gamma \overline{AB} \quad \text{avec} \quad \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad (\text{à trouver avec Descartes})$$

**Exemple 7 :** Une loupe est constituée d'une lentille convergente de focale  $f' = 5 \text{ cm}$ . On observe un objet de taille  $1 \text{ cm}$  situé à  $OA = 3 \text{ cm}$ .

1. Faire une construction à l'échelle. Déterminer graphiquement la position de l'image, sa taille et sa nature. En déduire le grandissement.

2. Montrer que le grandissement  $\gamma$  est  $\gamma = \frac{f'}{f' - OA}$ .

**CORRECTION**

1. C'est le cas 3 des constructions.

2. Le grandissement  $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$  (et ensuite on utilise  $\gamma$  via  $\overline{A'B'} = \gamma \overline{AB}$ ). Il faut trouver  $\overline{OA'}$ !

Pour la lentille on a  $A \xrightarrow{\mathcal{L}} A'$  donc  $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{f' + \overline{OA}}{f' \overline{OA}} \Rightarrow \overline{OA'} = \frac{f' \overline{OA}}{f' + \overline{OA}}$$

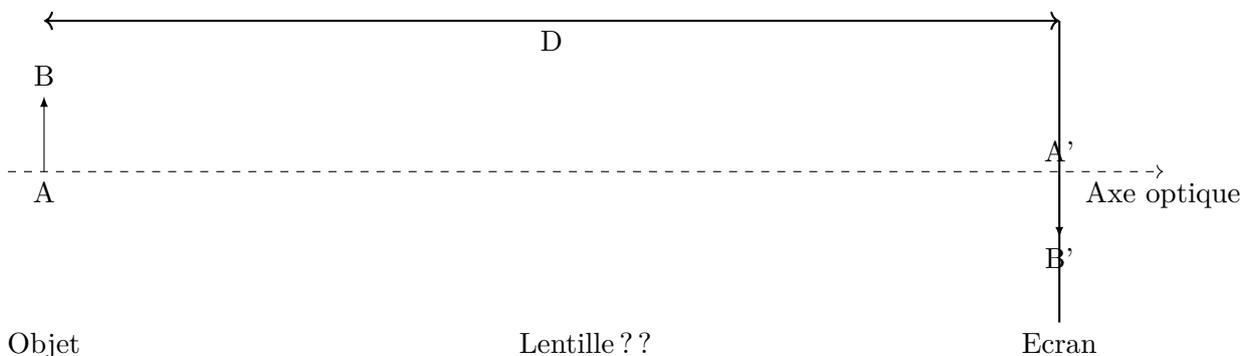
Enfinement  $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{f' \overline{OA}}{f' + \overline{OA}} = \frac{f'}{f' + \overline{OA}}$

On remarque ici que  $\overline{OA} = -OA$  et donc  $\gamma = \frac{f'}{f' - OA}$ .

**4.5 Condition expérimentale pour avoir une image réelle**

Notons  $D$  la distance géométrique entre l'objet et l'écran sur lequel on veut observer une image. Cette distance représente typiquement la taille du banc optique.

Quelque soit la lentille qu'on place entre les deux, pourra-t-on toujours voir une image sur l'écran ? On va chercher où mettre la lentille pour conjuguer l'objet et l'écran.



**Objectif :** montrer qu'il existe deux positions possibles pour la lentille pour qu'on puisse visualiser une image sur l'écran et donner une condition sur  $D$  pour que cela soit possible.

**CORRECTION**

**Règle d'or** : je ne sais pas quoi faire ...  $\Rightarrow$  ... je fais des trucs intelligents (*i.e.* ce que j'ai appris à faire dans le cours)!!!!

Ici appliquons une relation de conjugaison.

Notons  $x = \overline{OA}$  la distance géométrique lentille-objet correspondant à l'une de ces positions. Il vient donc  $\overline{OA'} = \overline{OA} + \overline{AA'} = x + D$ . La relation de conjugaison de Descartes s'écrit alors

$$\frac{1}{x + D} = \frac{1}{x} + \frac{1}{f'}$$

*Astuce* : on se débarrasse des dénominateurs en multipliant l'équation par **tous** les dénominateurs, ici  $x \times (x + D) \times f$

$$\frac{fx(x + D)}{x + D} = \frac{fx(x + D)}{x} + \frac{fx(x + D)}{f'} \Rightarrow x^2 + Dx + f'D = 0$$

On cherche les solutions : polynôme d'ordre 2  $\Rightarrow$  discriminant :

$$\Delta = D^2 - 4f'D = D(D - 4f')$$

Pour que des positions de lentille conjuguant l'objet et l'écran existent, cette équation doit admettre des solutions réelles. Le discriminant doit donc être positif et donc  $D > 4f'$ .

**Propriété. Observer une image sur un écran**

Pour que deux plans soient conjugués par une lentille donnée, il faut qu'ils soient séparés d'une distance supérieure à quatre fois la distance focale de celle-ci, soit  $D \geq 4f'$ .

**Remarque** : Ce critère est essentiel pour choisir une lentille adaptée à l'encombrement d'un montage.

**Application 8** : Donner  $d$ , l'écart entre les deux positions de la lentille qui génère une image nette sur l'écran.