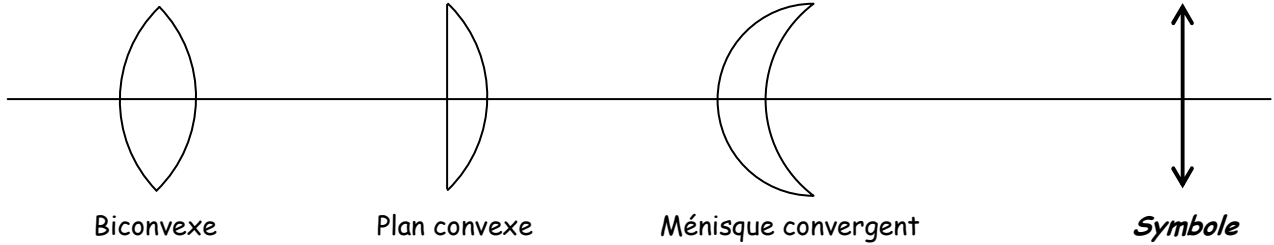


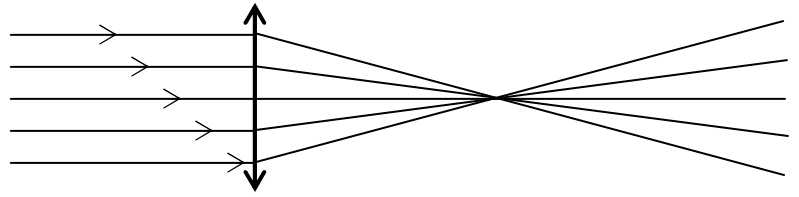
# Lentilles sphériques minces

## I - PRÉSENTATION

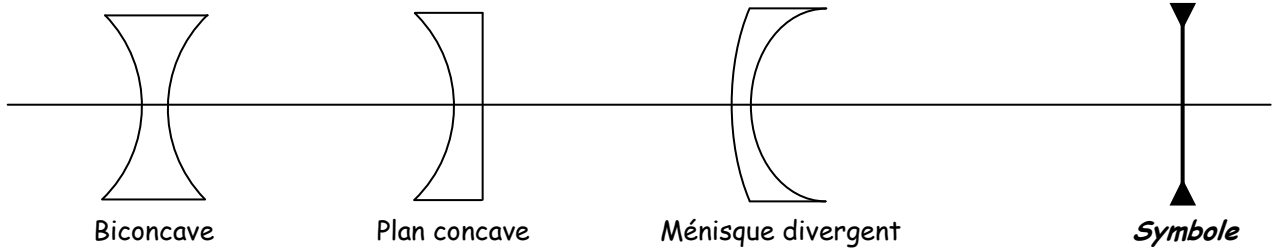
- Une lentille est constituée d'un milieu transparent limité par une ou deux *surfaces sphériques*.
- Il existe 3 sortes de lentilles à *bords minces*, symbolisées sur le schéma ci-dessous :



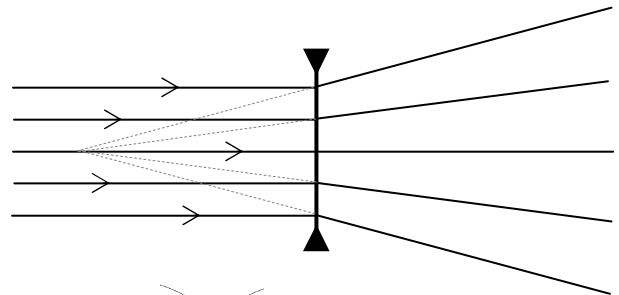
Les lentilles à bords minces transforment un faisceau lumineux parallèle en un faisceau de rayons convergents : ce sont des **lentilles convergentes**.



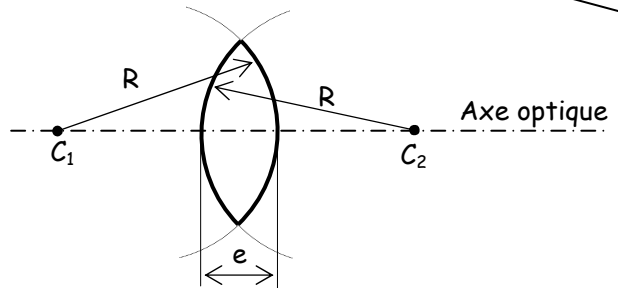
- Il existe 3 sortes de lentilles à *bords épais*, symbolisées sur le schéma ci-dessous :



Les lentilles à bords épais transforment un faisceau lumineux parallèle en un faisceau de rayons divergents : ce sont des **lentilles divergentes**.

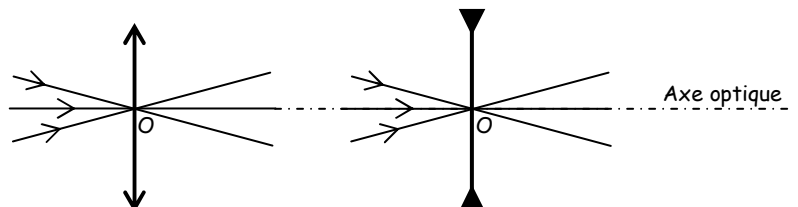


- Une lentille est *mince* si son épaisseur,  $e$ , au centre est petite devant les rayons de courbure,  $R$ , de ses faces ( $e < R / 10$ ).



- **Axe optique** : c'est la droite qui joint les centres des calottes sphériques limitant la lentille.

- **Centre optique** : c'est un point  $O$  de l'axe optique, tel que **tout rayon qui traverse la lentille en passant par ce centre optique n'est pas dévié**.



- **Conditions de Gauss**

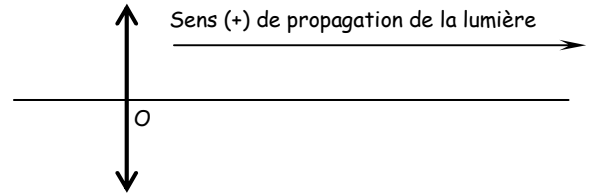
Une lentille mince donne d'un objet perpendiculaire à l'axe optique une **image de bonne qualité et semblable à l'objet** si :

- l'objet est petit et situé tout près de l'axe optique (la lentille ne reçoit alors que des rayons lumineux peu inclinés sur l'axe) ;
- la lentille est diaphragmée (sa partie centrale est la seule utilisée).

- **Schématisation**

Un schéma est composé au minimum :

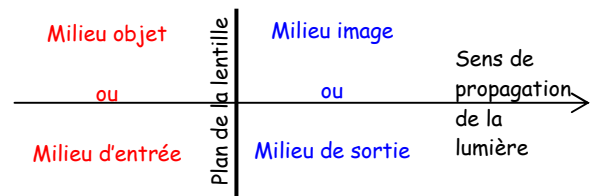
- d'une lentille représentée par son symbole ;
- de l'axe optique représenté par une droite, perpendiculaire à la lentille, passant par le centre optique  $O$  ;
- du sens de propagation de la lumière (généralement de gauche à droite).



- **Natures de l'objet et de l'image**

Le plan de la lentille délimite deux espaces : voir schéma ci-contre.

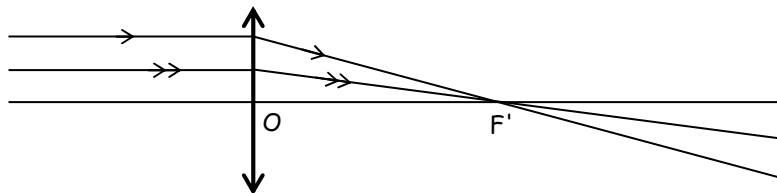
- Un **objet est réel** s'il se trouve dans le *milieu objet* ;
- une **image est réelle** si elle est formée dans le *milieu image* (une image réelle est projetée sur un écran) ;
- un **objet est virtuel** s'il est placé dans le *milieu de sortie* (un objet virtuel est une image réelle donnée par une première lentille) ;
- une **image est virtuelle** si elle est obtenue dans le *milieu d'entrée* (une image virtuelle ne peut pas être projetée sur un écran mais elle peut être observée par un œil à travers une lentille).



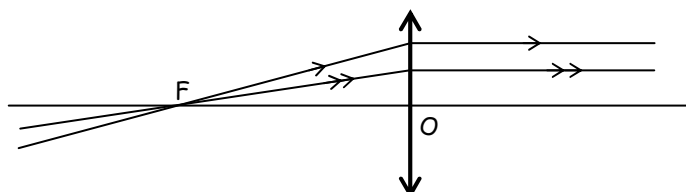
## II - LENTILLES CONVERGENTES

### 1) Foyers principaux :

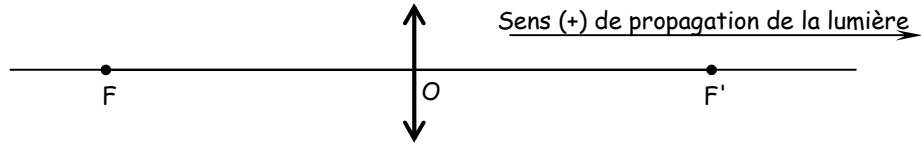
- **Foyer principal image** : c'est un point  $F'$  de l'axe optique, tel que tout rayon incident parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en passant par le foyer image.



- **Foyer principal objet** : c'est un point  $F$  de l'axe optique, tel que tout rayon incident passant par le foyer objet émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.

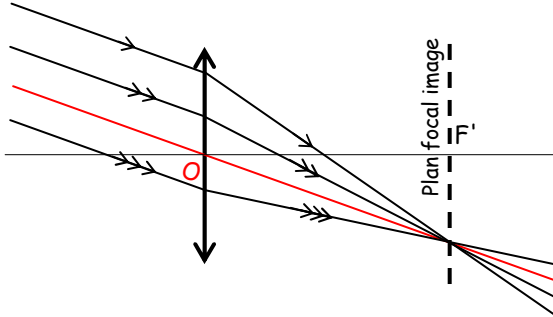


- **Position des foyers par rapport à la lentille :** en suivant le sens de propagation de la lumière, pour une lentille convergente,  $F$  est situé devant la lentille, et  $F'$  derrière la lentille.



2) Plans focaux :

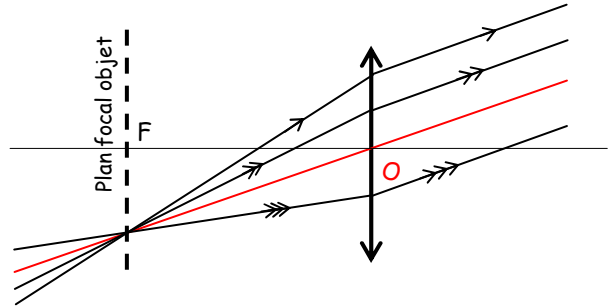
- **Plan focal image :** c'est un plan perpendiculaire à l'axe optique passant par le point  $F'$ , tel que tous les rayons incidents parallèles émergent de la lentille en un point situé sur ce plan focal image.



Les rayons passant par le centre optique ne sont pas déviés.

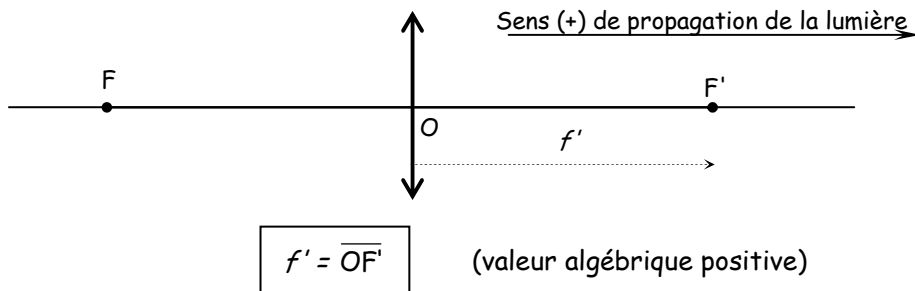
- **Plan focal objet :** c'est un plan perpendiculaire à l'axe optique passant par le point  $F$ , tel que tous les rayons incidents issus d'un point situé sur ce plan focal objet émergent de la lentille parallèles entre eux.

Les rayons passant par le centre optique ne sont pas déviés.



3) Distance focale :

La distance du foyer image au centre optique de la lentille est appelée **distance focale**,  $f'$  ; elle est exprimée en mètres.



L'axe optique étant orienté dans le sens de propagation de la lumière, le signe de la distance focale d'une lentille convergente est toujours positif.

4) Vergence :

Une lentille convergente de distance focale  $f'$  est caractérisée par sa vergence  $C$  :

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

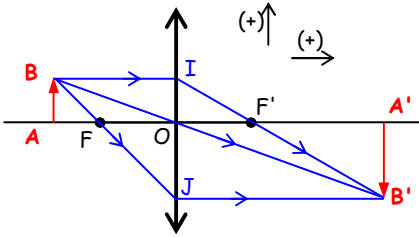
La vergence est positive ( $C > 0$ ) pour une lentille convergente.  $C$  est exprimée en dioptrie, de symbole ( $\delta$ ), lorsque la distance focale est exprimée en mètre.

Plus la vergence d'une lentille convergente est grande, plus elle est convergente.

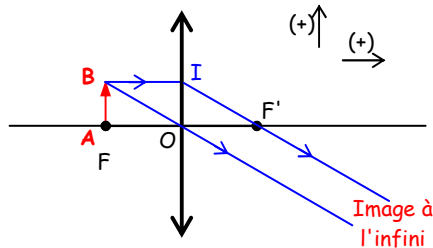
### 5) Construction de l'image d'un objet réel :

Un objet plan  $AB$  ( $A$  sur l'axe optique) est perpendiculaire à l'axe optique. Il est représenté par une flèche verticale montante (objet droit ; sens positif). Chaque point de l'objet donne un point-image ; à partir de ce point, par exemple le point  $B$ , on trace trois rayons particuliers ; ces trois rayons convergent au point  $B'$  image de  $B$  :

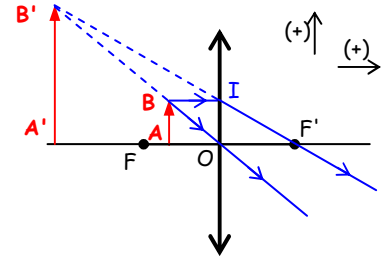
- le rayon incident  $BO$  qui, passant par le centre optique, n'est pas dévié ;
- le rayon incident  $BI$  qui, parallèle à l'axe optique, est réfracté vers  $F'$  ;
- le rayon incident  $BJ$  qui, passant par  $F$ , émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.



L'objet est placé en avant du foyer objet : l'image est "réelle" et renversée.



L'image d'un objet placé au foyer objet de la lentille est rejetée à l'infini.

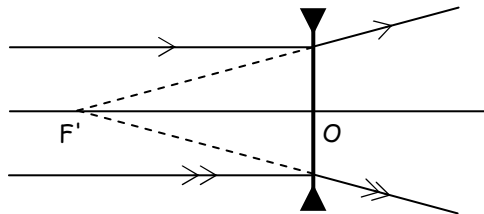


L'objet est placé entre le foyer objet et la lentille : l'image est "virtuelle" et droite.

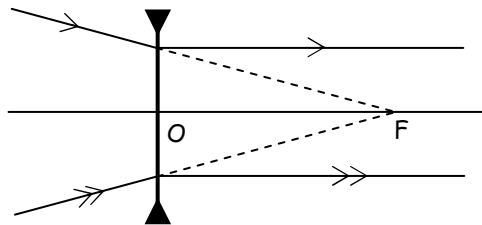
## III - LENTILLES DIVERGENTES

### 1) Foyers principaux :

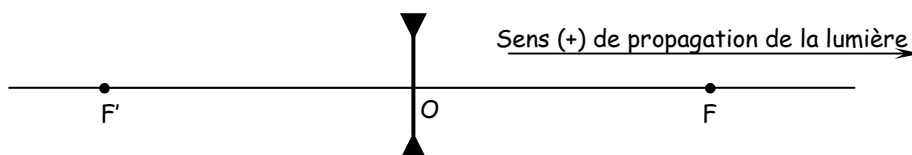
- **Foyer principal image :** c'est un point  $F'$  de l'axe optique, tel que tout rayon incident parallèle à l'axe optique semble provenir du foyer image. Ce foyer principal image est *virtuel*.



- **Foyer principal objet :** c'est un point  $F$  de l'axe optique, tel que tout rayon incident, dont le prolongement passe par le foyer objet, émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique. Ce foyer principal objet est *virtuel*.



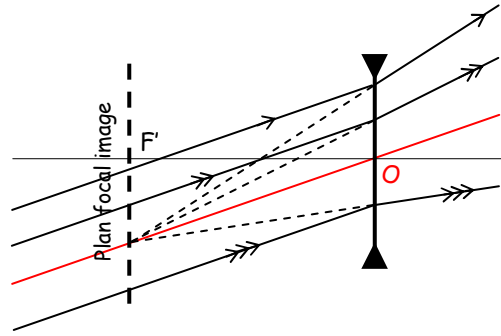
- **Position des foyers par rapport à la lentille :** en suivant le sens de propagation de la lumière, pour une lentille divergente,  $F$  est situé derrière la lentille, et  $F'$  devant la lentille.



2) Plans focaux :

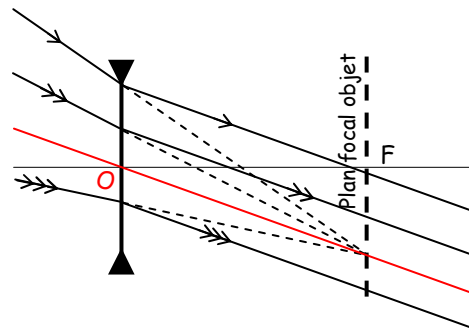
- **Plan focal image** : c'est un plan perpendiculaire à l'axe optique passant par le point  $F'$ , tel que tous les rayons incidents parallèles arrivant sur la lentille émergent de celle-ci en semblant provenir d'un point situé sur ce plan focal image.

Les rayons passant par le centre optique ne sont pas déviés.



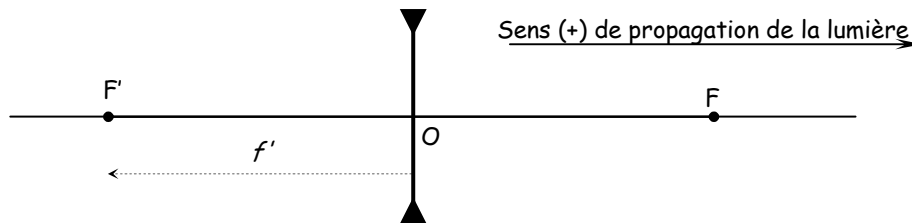
- **Plan focal objet** : c'est un plan perpendiculaire à l'axe optique passant par le point  $F$ , tel que tous les rayons incidents dont le prolongement converge vers un point situé sur ce plan focal objet émergent de la lentille parallèles entre eux.

Les rayons passant par le centre optique ne sont pas déviés.



3) Distance focale :

La **distance focale**,  $f'$ , est la distance du foyer image au centre optique de la lentille.



$$f' = \overline{OF'} \quad (\text{valeur algébrique négative})$$

L'axe optique étant orienté dans le sens de propagation de la lumière, le signe de la distance focale d'une lentille divergente est toujours négatif.

4) Vergence :

Une lentille divergente de distance focale  $f'$  est aussi caractérisée par sa vergence  $C$  :

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

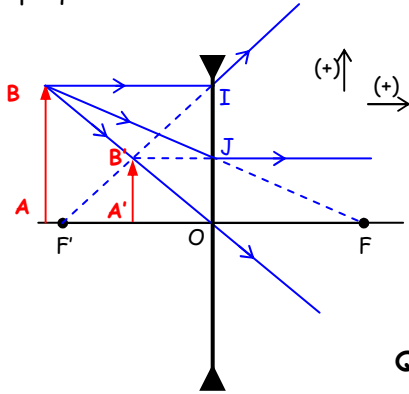
La vergence est négative ( $C < 0$ ) pour une lentille divergente.

Plus la valeur absolue de la vergence d'une lentille divergente est grande, plus elle est divergente.

5) Construction de l'image d'un objet réel :

Un objet plan  $AB$  ( $A$  sur l'axe optique) est perpendiculaire à l'axe optique. A partir du point  $B$ , on trace les trois rayons particuliers dont les directions convergent au point  $B'$  image de  $B$  :

- le rayon incident  $BO$  qui, passant par le centre optique, n'est pas dévié ;
- le rayon incident  $BI$  qui, parallèle à l'axe optique, émerge de la lentille suivant une direction qui passe par le foyer  $F'$  ;
- le rayon incident  $BJ$  dont la direction passe par  $F$  et qui émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.

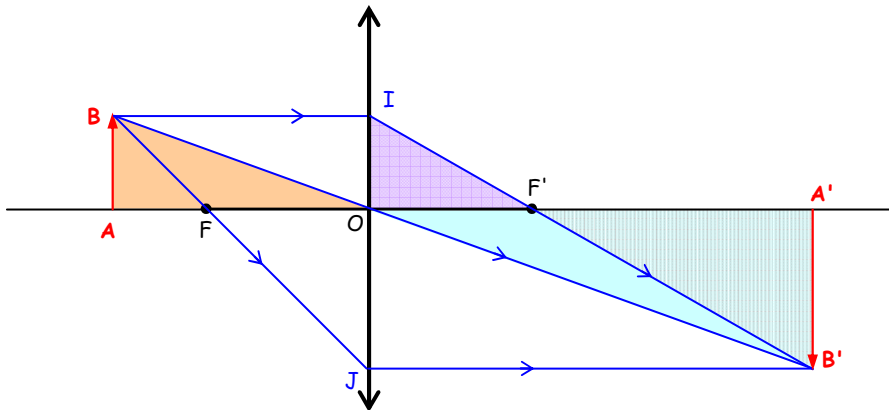


L'image est placée entre le foyer image et la lentille :  
l'image est virtuelle et droite.

Quelle que soit la position d'un objet réel situé sur l'axe optique, une lentille divergente donne une image virtuelle et droite.

**IV- FORMULES DE CONJUGAISON DES LENTILLES**

Les relations de conjugaison permettent de déterminer la position de l'image et de calculer son grandissement.



• *Relation de position*

Les triangles  $OAB$  et  $OA'B'$  sont des triangles similaires ; on peut donc écrire :  $\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$  [relation (1)]

Les triangles  $OIF'$  et  $F'A'B'$  sont des triangles similaires ; on peut donc écrire :  $\frac{A'B'}{OI} = \frac{A'F'}{OF'}$

Or :  $\overline{AB} = \overline{OI}$  d'où :  $\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'F'}{OF'}$  donc d'après la relation (1) on a :  $\frac{OA'}{OA} = \frac{A'F'}{OF'}$  [relation (2)]

Or :  $\overline{A'F'} = \overline{A'O} - \overline{F'O}$  ou bien :  $\overline{A'F'} = \overline{OF'} - \overline{OA'}$  d'où  $\frac{A'F'}{OF'} = \frac{OF' - OA'}{OF'}$

D'après la relation (2) on a :  $\frac{OA'}{OA} = \frac{OF' - OA'}{OF'}$  ou bien :  $\frac{OA'}{OA} = 1 - \frac{OA'}{OF'}$  ou encore :  $\frac{OA'}{OA} = \frac{OA'}{OA} - \frac{OA'}{OF'}$

En mettant  $\overline{OA'}$  en facteur et en simplifiant, on obtient :  $\frac{1}{OA} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OF'}$

Cette formule de conjugaison est conventionnellement donnée sous la forme :

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

- **Grandissement** : symbole  $\gamma$

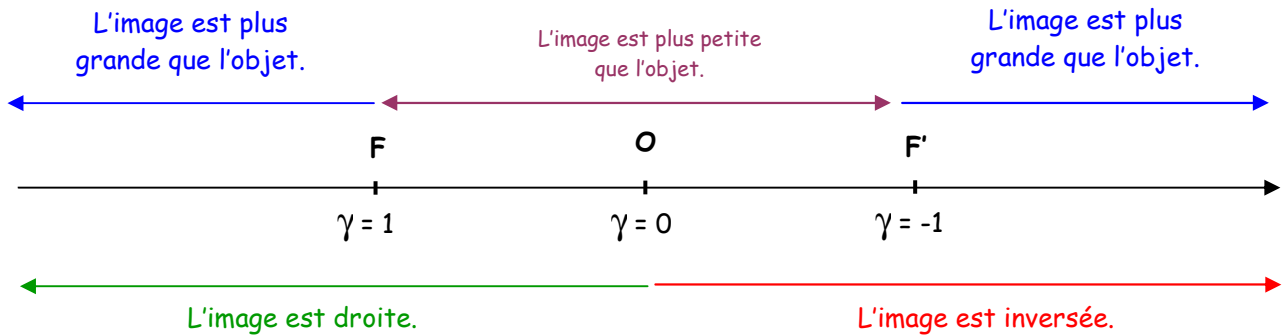
Par définition, le grandissement est le rapport entre la taille de l'image sur la taille de l'objet :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

Si  $\gamma > 0$ , l'image et l'objet sont dans le même sens ; l'image est droite.

Si  $\gamma < 0$ , l'image et l'objet sont en sens opposés ; l'image est renversée.

D'après la relation (1), on peut écrire :

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



- **Utilisation des formules**

En respectant les sens conventionnels de propagation de la lumière (de la gauche vers la droite) et d'orientation des objets et images (« droits » pour sens positif vers le haut), ces formules de conjugaison peuvent être appliquées dans tous les cas de figures (lentilles convergentes et lentilles divergentes).

## V- ASSOCIATION DE LENTILLES

Un système formé de 2 lentilles minces accolées de vergences  $C_1$  et  $C_2$  est théoriquement équivalent à une lentille unique de vergence :  $C_{\text{éq.}} = C_1 + C_2$ .

## VI- APPLICATIONS

- Les lentilles convergentes peuvent être utilisées comme **loupes** lorsque la distance entre l'objet et la lentille est inférieure à la distance focale.
- La **lunette astronomique** qui sert à observer des objets éloignés dispose d'un objectif de grande distance focale pouvant atteindre une dizaine de mètres et de grand diamètre (plusieurs dizaines de centimètres) pour collecter le plus de lumière possible.
- Le **microscope** sert à observer des objets microscopiques ; son objectif a une distance focale très petite de l'ordre du millimètre.
- Les lentilles convergentes équipent les **lunettes de vue** permettant de corriger l'hypermétropie.
- Les lentilles divergentes sont utilisées en lunetterie (**correction de la myopie**) et en association avec les lentilles convergentes dans les systèmes optiques.