

Nous allons étudier deux systèmes optiques :

- le miroir plan ;
- la lentille mince.

Nous allons également définir les notions importantes d'objet et d'image.

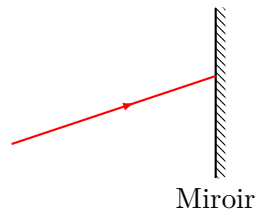
Définition. Un système optique est un ensemble de milieux homogènes et transparents séparés par les dioptries ou des miroirs.

1 Miroir plan

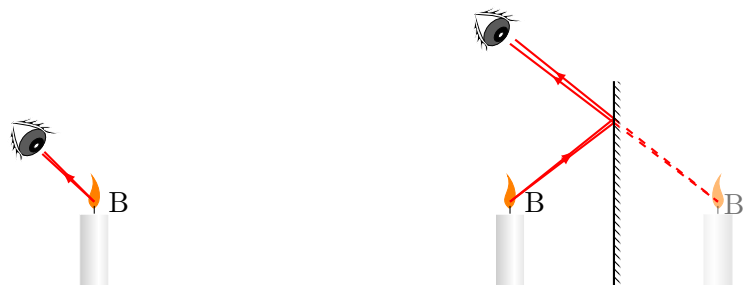
1.1 Réflexion sur un miroir

Définition.

Pour fabriquer un miroir, on recouvre une surface métallique réfléchissante d'une fine couche de verre protectrice.



1.2 Image d'un objet par un miroir plan



Imaginons-nous observer une bougie devant un miroir, nous pouvons

— observer directement la bougie

— observer le reflet de la bougie dans le miroir

L'oeil « imagine quelque chose » au point d'intersection des rayons qui l'atteignent.

Définition.

▷ L'objet

▷ L'image

Les rayons lumineux réfléchis semblent provenir de la position de cette image, mais ils n'en proviennent en réalité pas. Si on place un écran sur le lieu physique de l'image (derrière le miroir), on n'observera rien dessus. Par contre, pour notre œil, tout se passera comme si les rayons proviennent effectivement de l'image.

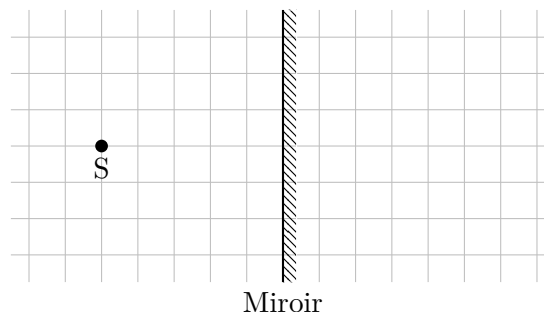
Définition.

1.3 Construction d'une image par un miroir plan

Le point objet S (dans le cas précédent la bougie) émet de la lumière dans toutes les directions.

Pour obtenir l'image d'un point S, on considère tous les rayons issus de la bougie qui frappent la surface du miroir. L'image sera là où ils semblent se croiser.

En pratique bien sûr, on observera quelques rayons dont on déterminera l'intersection.

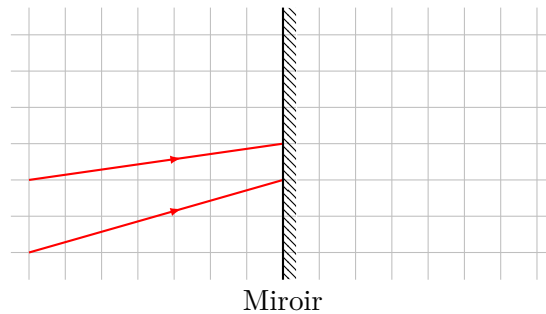


Dans le cas du miroir plan, l'image d'un point objet est son symétrique par rapport au plan du miroir.

Cas d'un objet virtuel Nous avons défini l'objet :

Remarque.

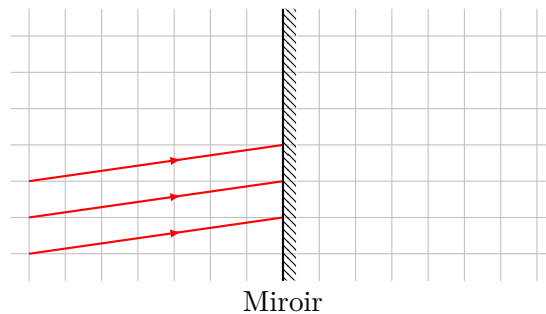
Définition.



Dans le cas d'un objet virtuel, l'image par un miroir est réelle : on peut placer un écran en S' pour l'observer.

Point objet et point image à l'infini. Le Soleil est une source étendue de lumière située à très grande distance de nous. Ainsi, on peut considérer ses rayons comme parallèles.

Définition.



1.4 Bilan

Objet réel

Objet virtuel

Objet à l'infini

Image réelle

Image virtuelle

Image à l'infini

2 Lentilles

2.1 Introduction

Une lentille mince est constitué d'un milieu transparent, du verre généralement, délimité par deux dioptries sphériques dont les centres sont situés sur l'axe de révolution Δ . Une lentille est dite **mince** si toutes ses dimensions sont petites devant les rayons de courbures des parties arrondies.



Observation via une lentille convergente

Observation via une lentille divergente

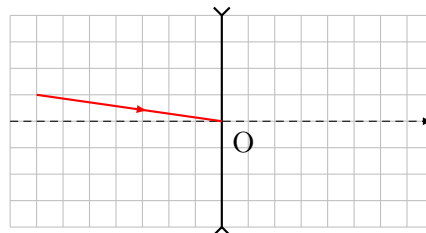
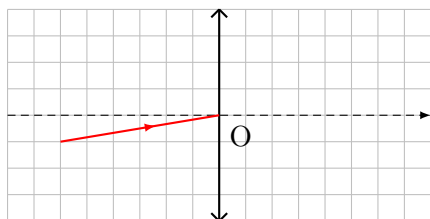
Projection par une lentille convergente

2.2 Trajectoire des rayons

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

2.2.1 Le centre optique

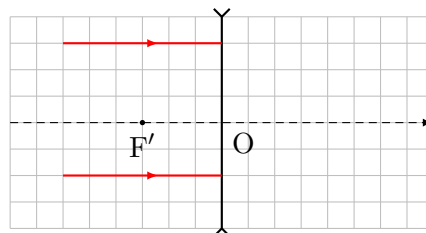
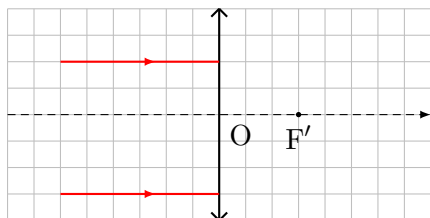
Définition. Le centre optique d'une lentille, généralement noté O , est situé à l'intersection de la lentille et de l'axe optique.



2.2.2 Foyer image

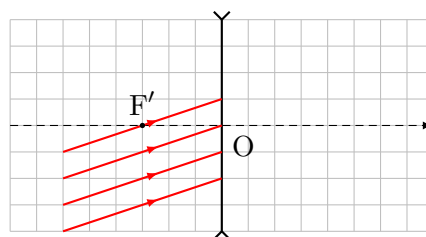
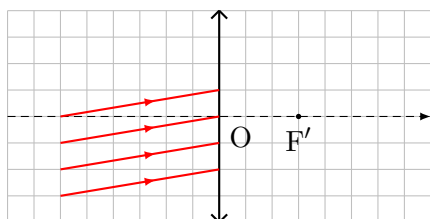
Définition.

- ▷ Pour les lentilles convergentes, le foyer image est derrière la lentille.
- ▷ Pour les lentilles divergentes, le foyer image est devant la lentille : les rayons semblent issus de ce point.



2.2.3 Le plan focal image

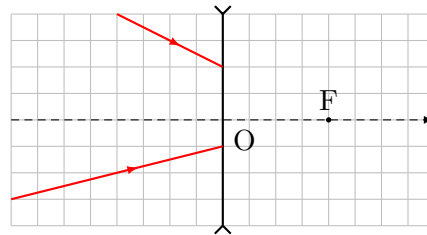
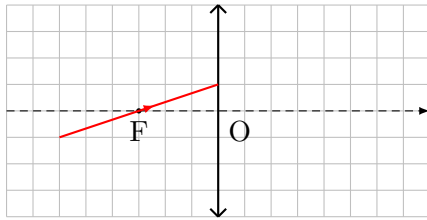
Définition. Le plan focal image est le plan perpendiculaire à l'axe optique, passant par le foyer image F' .



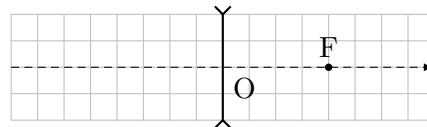
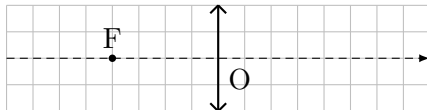
2.2.4 Foyer objet

Définition.

- ▷ Pour les lentilles convergentes, le foyer objet est devant la lentille.
- ▷ Pour les lentilles divergentes, le foyer objet est derrière la lentille : les rayons se dirigent vers ce point.

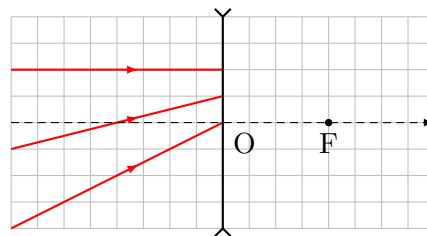
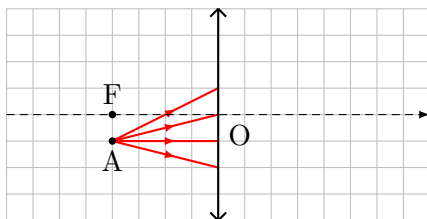


Relation entre foyer image et foyer objet



2.2.5 Plan focal objet

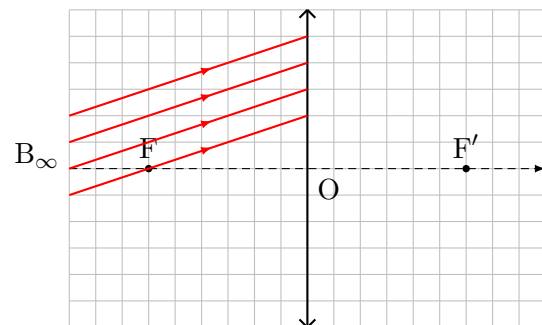
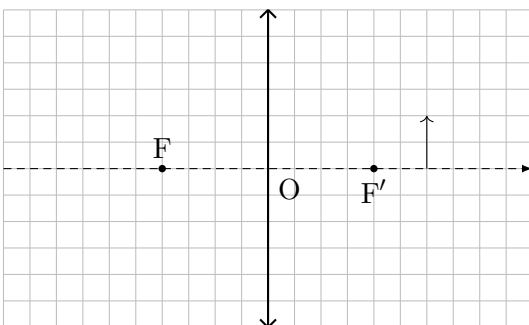
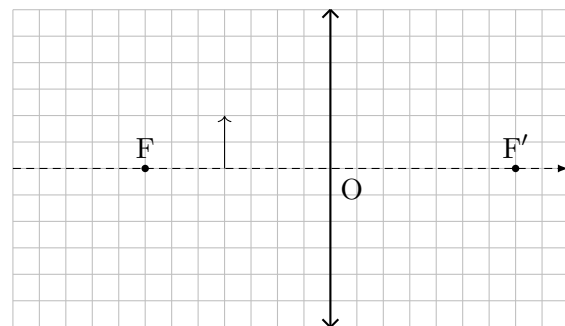
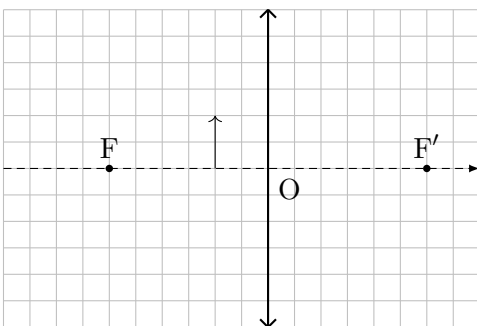
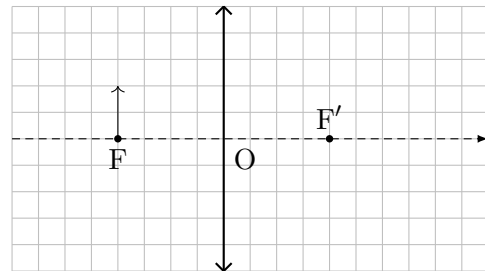
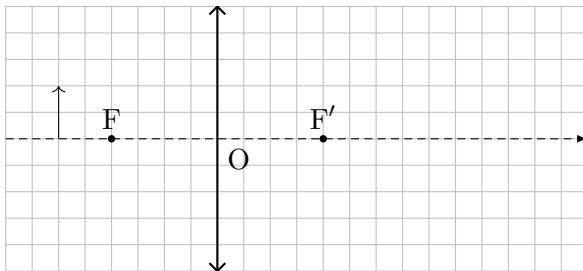
Définition. Le plan focal objet est le plan perpendiculaire à l'axe optique, passant par le foyer objet F.

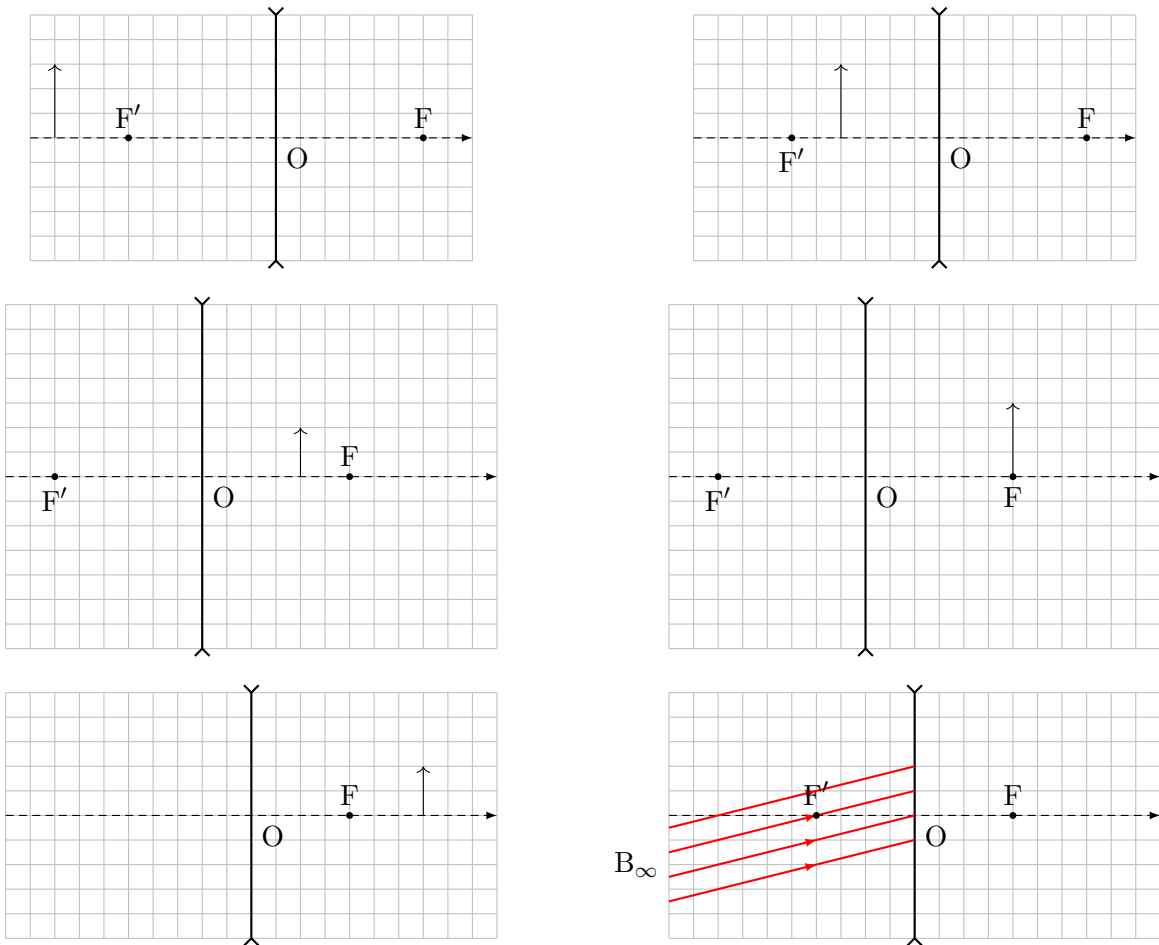


2.2.6 Bilan

2.3 Construction des images

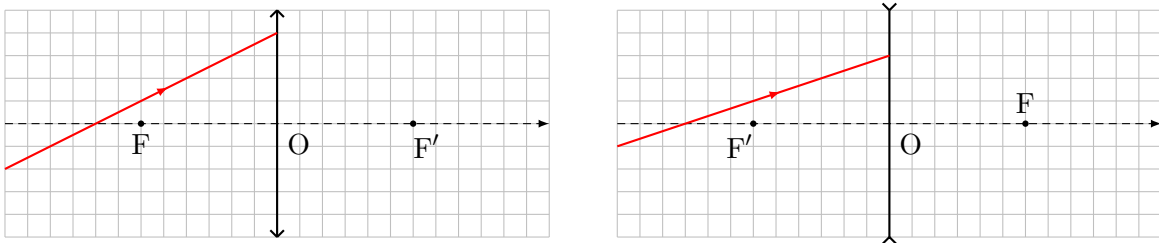
Remarque. Pour un objet étendu, les lentilles conservent les angles. Un objet perpendiculaire à l'axe optique a une image perpendiculaire à l'axe optique. On parle d'**aplanétisme**.





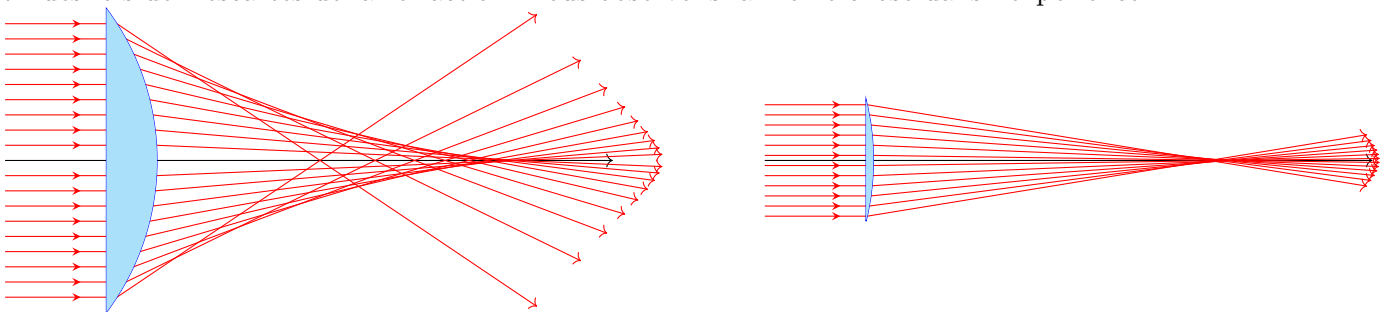
2.4 Méthode du foyer secondaire

Pour savoir comment un rayon quelconque est dévié par une lentille, on utilise la **méthode du foyer secondaire**. On trace la parallèle au rayon considéré passant par le centre optique : celui-ci n'est pas dévié. Enfin, on utilise la propriété du plan focal image : le rayon émergent croise celui-ci dans le plan focal image.



2.5 Les limites du modèle de la lentille mince

Observons la trajectoire de rayons lumineux issus de l'infini. Ces trajectoires sont simplement calculées à partir des lois de Descartes de la réfraction. Nous observons la même chose dans l'expérience.



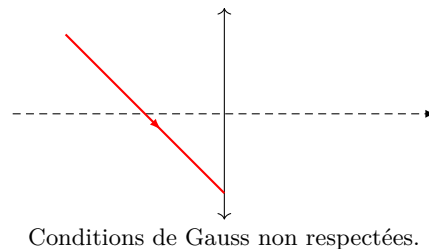
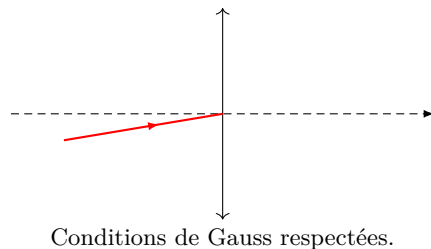
Définition. Il y a **stigmatisme rigoureux** si tout rayon passant par un point objet A, réel ou virtuel, passe, après avoir traversé le système optique, par un point image unique A', réel ou virtuel. On dit que A et A' sont des points **conjugués**.

C'est le cas du miroir plan. Mais pas de la lentille.

Définition. Un système optique vérifie un **stigmatisme approché** si la taille de la tâche image correspondant à un point objet est assez petite (ce critère dépend du détecteur).

Condition de Gauss. Pour qu'une lentille soit stigmatique approchée, il faut :

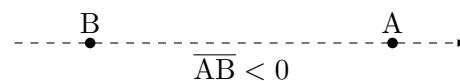
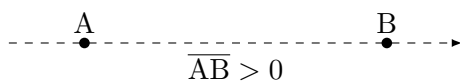
- que les angles des rayons avec l'axe optique soient faibles ;
- que la distance des rayons à l'axe optique soit faible devant le rayon de courbure des dioptries.



3 Relations de conjugaison et de grandissement

3.1 Distances algébriques

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.



De même, les distances sur des axes orthogonaux à l'axe optique sont comptées positivement de haut en bas et négativement dans le cas contraire.

Les grandeurs algébriques vérifient la relation :

$$\overline{BA} =$$

Si A, B et C sont sur le même axe

$$\overline{AB} =$$

3.2 Distance focale et vergence

Définition.

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

La distance focale permet de caractériser entièrement une lentille.

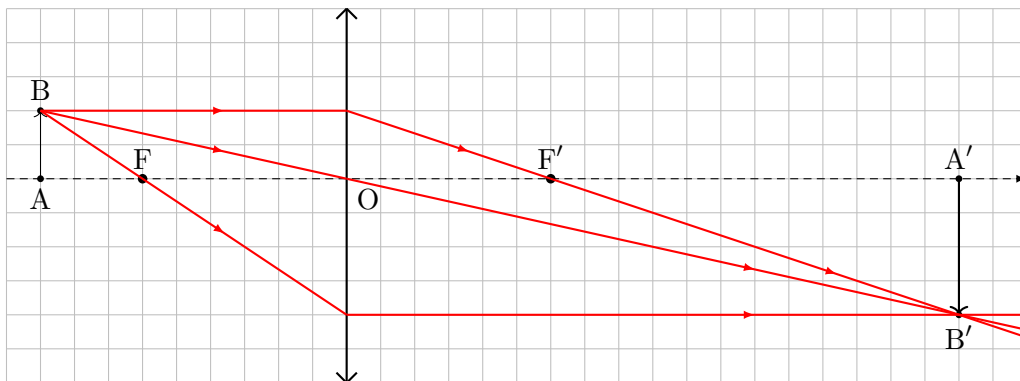
- ▷ Une lentille **convergente** a une distance focale f'
- ▷ Une lentille **divergente** a une distance focale f'

Définition.

Application

On considère une lentille de focale $f' = 20$ cm. Est-elle convergente ou divergente ? Calculer sa vergence.

3.3 La relation de conjugaison



On a obtenu la **formule de Newton** (ou relations avec origine aux foyers) :

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

C'est la **relation de conjugaison** des lentilles minces (formule de Descartes) :

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

O étant le centre de la lentille mince, A' l'image de l'objet A et f' la distance focale de la lentille.



Application

Vérification sur le schéma.

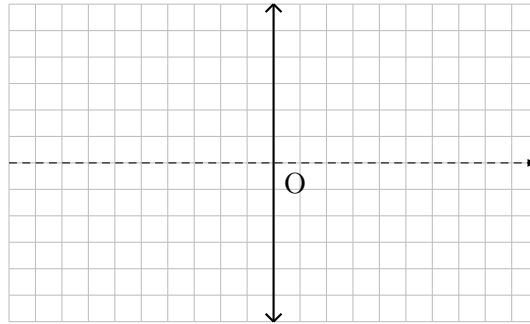
Définition.

Le grandissement permet de calculer directement la taille finale de l'image en connaissant la taille et la position de l'objet. En général, les positions se déduisent de l'application de la relation de conjugaison.



Application

Une loupe est constituée d'une lentille convergente de focale $f' = 5$ cm. On observe un objet de 1 cm situé à 3 cm de la loupe. Faire un schéma de la situation. Déterminer graphiquement puis par le calcul la position de l'image, sa nature et sa taille. Quel est le grandissement ?

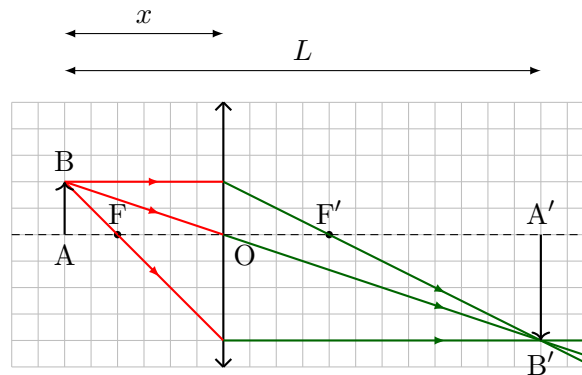


3.4 Projection d'une image par une lentille

On s'intéresse à la situation où l'on fait l'image d'un objet sur un écran. La distance L entre l'objet et l'écran est imposée par les conditions de l'expérience.

Quel type de lentille ?

Schéma : Quelle position x permet l'obtention d'une image nette sur l'écran ?



Pour projeter un objet sur un écran, il faut utiliser une **lentille convergente** et la distance objet-écran doit être supérieure à $4f'$.

Méthode de Bessel :

$$f' = \frac{L^2 - \Delta x^2}{4L}$$

On a obtenu là une formule permettant de mesurer précisément la distance focale d'une lentille convergente.