Thème 4 : Ondes et signaux

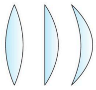
Chapitre 2 : Lentilles minces convergentes

Objectifs :

- Estimer la distance focale d'une lentille mince convergente.
- Tester la relation de conjugaison d'une lentille mince convergente.
- Exploiter les relations de conjugaison et de grandissement fournies pour déterminer la position et la taille de l'image d'un objet-plan réel.
- Déterminer les caractéristiques de l'image d'un objet-plan réel formée par une lentille mince convergente.
- Réaliser une mise au point en modifiant soit la distance focale de la lentille convergente soit la géométrie du montage optique
- **Capacités mathématiques :** Utiliser le théorème de Thalès. Utiliser des grandeurs algébriques

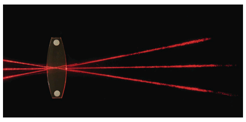
Rappels :

👁 Une lentille mince est un milieu transparent limité par deux surfaces, dont l'une au moins n'est pas plane.

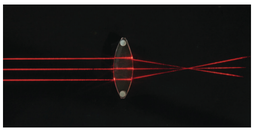
👁 Une lentille est convergente quand ses bords sont plus minces. 

👁 Une lentille convergente possède ces propriétés :

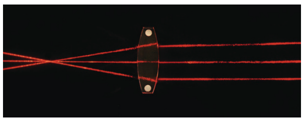
✓ Tout rayon incident passant par le **centre optique O** n'est pas dévié en la traversant.



✓ Tout rayon parallèle à l'axe optique émerge au foyer F' de la lentille.



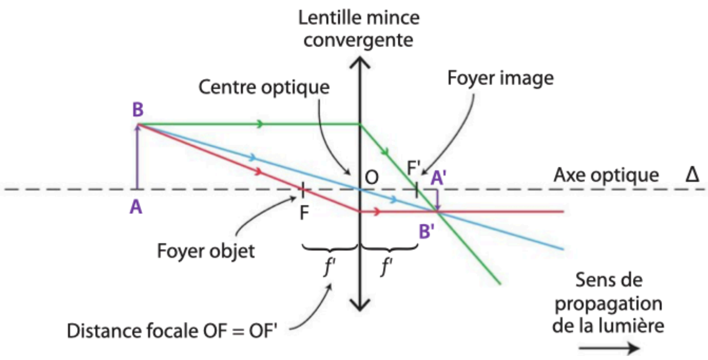
✓ Tout rayon incident passant par le **foyer objet F** émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique



Construction d'image :

- Tracer au moins 2 des 3 rayons spécifiques (centre optique, parallèle à l'axe optique, Foyer) depuis le point B.
- L'image de B se trouve au point d'intersection de ces rayons.
- Projeté B' l'image de B sur Δ pour avoir A'.

AB : OBJET
A'B' : IMAGE



f' : distance focale
F : Foyer objet
F' : Foyer image
O : centre optique
Δ : Axe optique

L'image est **réelle** si elle est **visible** sur un **écran**.
Si la distance entre l'objet et la lentille $> f'$, alors l'image est toujours réelle.

<u>Grandissement</u> : noté γ. Permet de comparer la taille de l'image par rapport à celle de l'objet. Il est sans unité.

- Si $\gamma > 1$: l'image est plus grande.
- Si $\gamma < 1$: l'image est plus petite.

I. Relation de conjugaison

1. Notation algébrique

- En optique, on utilise la mesure algébrique pour exprimer les positions de l'image, de l'objet ainsi que leur taille.
- Une mesure algébrique (notée avec la barre) est une longueur affectée d'un signe, ce qui permet d'en orienter le sens sur un axe donné. L'ordre des lettres est déterminant !

1ère lettre : point de départ
2ème lettre : point d'arrivée

- Par convention les valeurs seront positives vers la droite et vers le haut

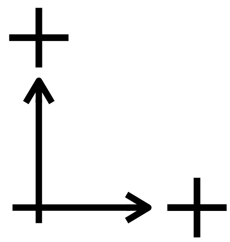
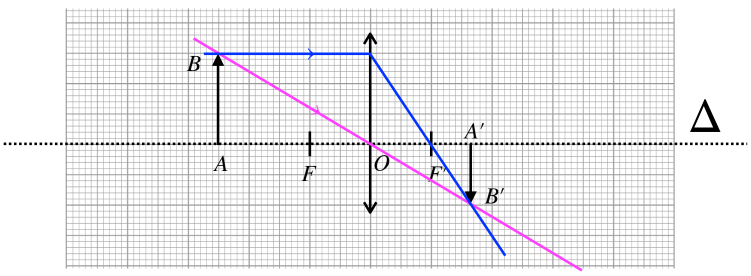


Illustration : Schématiser un axe optique avec un objet de 1,5 cm de haut placé à 2,5 cm d'une lentille convergente. Tracer l'image sachant que $f' = 1{,}0cm$.



On a :

Position de l'objet : $\overline{OA} = -2{,}5\ cm$
Position de l'image : $\overline{OA'} = 1{,}6\ cm$
Taille de l'objet : $\overline{AB} = 1{,}5\ cm$
Taille de l'image : $\overline{A'B'} = -1{,}0\ cm$

$\Big\}$ trouvées grâce au schéma (géométriquement)

2. Formules de conjugaison

On peut **calculer** la position de l'image d'un objet AB par une lentille.

Les positions de l'objet, de l'image et la focale f' (caractéristique) de la lentille sont reliées par la relation de conjugaison :

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

La relation de grandissement permet de comparer la taille de l'image et celle de l'objet. C'est une valeur algébrique, qui peut être positive ou négative.

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

Preuve par Thales

γ n'a pas d'unité.

Retour sur l'illustration précédente :

On sait que $f' = 1{,}0\ cm$. L'objet est situé à $2{,}5\ cm$ de la lentille donc :

$\overline{OA} = -2{,}5\ cm$

D'après la relation de conjugaison :

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

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

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

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

$$\overline{OA'} = \frac{1{,}0 \times (-2{,}5)}{-2{,}5 + 1{,}0} = \frac{-2{,}5}{-1{,}5} = 1{,}7\ cm$$

On retrouve la même valeur que celle mesurée.

D'après la relation de conjugaison :

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

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

$$\overline{A'B'} = \frac{1{,}7}{-2{,}5} \times 1{,}5 = -\,1{,}0\ cm$$

On retrouve la même valeur que celle mesurée.

En résumé :

- Pour déterminer la position, la taille et le sens de l'image on peut utiliser :
  - graphique (tracé de rayons)
  - relations de conjugaison et de grandissement.
- Les caractéristiques de l'image dépendent de la lentille mince utilisée et des caractéristiques de l'objet.

Remarque :

Si l'objet est très loin ($\overline{OA}$ très grand), alors : $\frac{1}{\overline{OA}} \to 0$

On a donc : $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'}$. L'image se forme au foyer image F' de la lentille.

II. Le lien entre la position de l'objet et les caractéristiques de l'image.

1. Mise au point

Pour faire une mise au point (avoir une image nette), on peut :

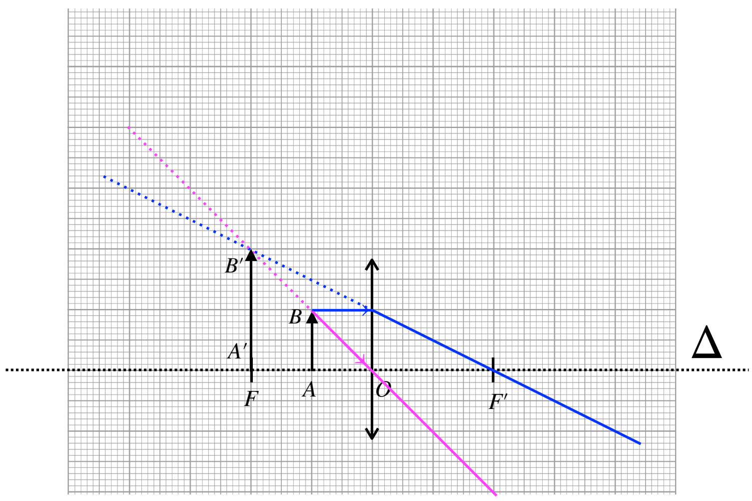
- Modifier la distance focale de la lentille mince (changer de lentille).
- la géométrie du montage, c'est-à-dire les distances $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$.

2. Objet AB situé avant le foyer objet F

- L'image est réelle (visible sur un écran) et $\overline{OA'} > 0$.
- $\gamma < 0$: image renversée
- Si $|\gamma| > 1$: image plus grande. (Objet « proche », $f' < |\overline{OA}| < 2f'$)
- Si $|\gamma| < 1$: image plus petite (Objet « loin », $|\overline{OA}| > 2f'$)

2. Objet AB situé entre le foyer objet F et le centre optique O

Exemple : Construire l'image d'un objet de 1,0 cm de haut placé à 1,0 cm d'une lentille convergente ($f' = 2{,}0cm$).



Retrouver la position de l'image par le calcul.

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

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

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

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

$$\overline{OA'} = \frac{2{,}0 \times (-1{,}0)}{-1{,}0 + 2{,}0} = -\ 2{,}0\ cm$$

L'image est bien à gauche de la lentille ($\overline{OA'} < 0$)

Retrouver la taille de l'image par le calcul.

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

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

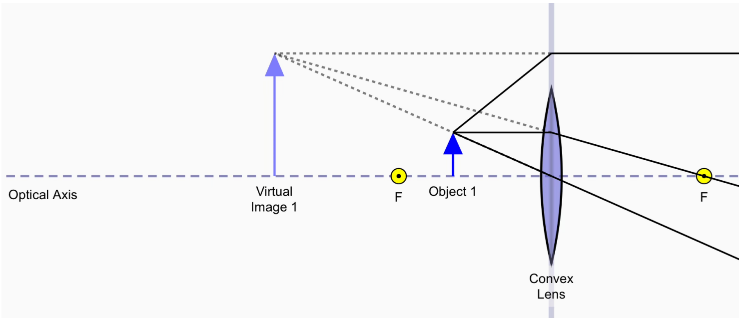
$$\overline{A'B'} = \frac{-2{,}0}{-1{,}0} \times 1{,}0 = +\ 2{,}0\ cm$$

L'image est plus grande que l'objet **et** dans le même sens ($\overline{A'B'} > 0$)

Cours :

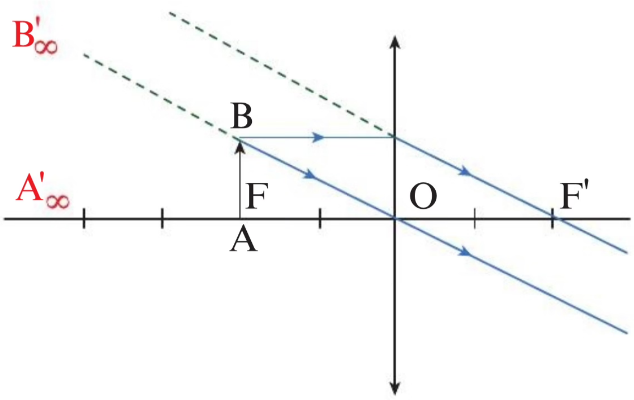
- L'image est **virtuelle** : non observable sur un écran et $\overline{OA'} < 0$. Elle se situe dans l'espace Objet (à gauche de la lentille).
- $\gamma > 0$: image droite (toujours).
- $\gamma > 1$: image plus grande (toujours).

<u>Application</u> : la loupe.



Attention : on trace en pointillé les rayons lumineux provenant du prolongement des rayons caractéristiques.

<u>Cas particulier</u> : lorsque l'objet se situe dans le plan perpendiculaire à l'axe optique passant par le foyer image, appelé plan focal objet, les rayons sortant de la lentille sont parallèles. Cela signifie que son image est une image virtuelle renvoyée à l'infini. L'œil l'observe sans accommoder (sans effort).



<u>En route pour la terminale</u> : Quand un objet est situé à l'infini (très loin) ses rayons arrivent parallèles. Il existe 2 cas :

- Si les rayons sont parallèles à l'axe optique, l'image est située sur le foyer image F' (fig 1)
- Si les rayons ne sont pas parallèle à l'axe optique, l'image est située dans le plan perpendiculaire à l'axe optique passant par le foyer image, appelé **<u>plan focal image</u>**. Comme un rayon passant par le centre optique n'est pas dévié, l'image B' du point B est située à l'intersection entre le rayon passant par le centre optique et le plan focal image (fig 2).

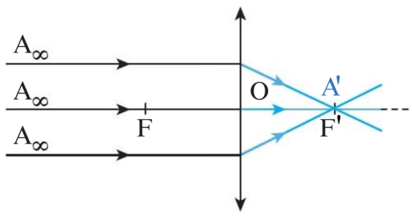


Figure 1. Point A à l'infini sur l'axe optique.

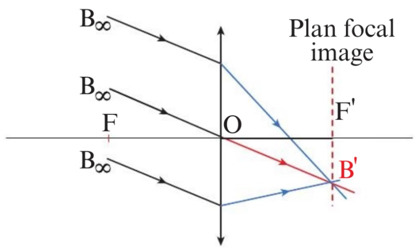


Figure 2. Point B à l'infini hors de l'axe optique.