

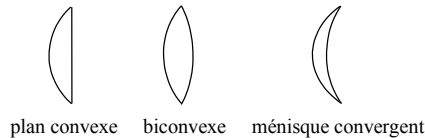
Le modèle des lentilles minces convergentes

LES LENTILLES MINCES CONVERGENTES

● Définition

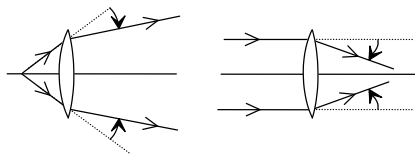
Une lentille est un milieu transparent limité par deux faces dont l'une au moins est sphérique. Une lentille est mince si son épaisseur au centre est très inférieure au rayon de courbure de ses faces. Elle est convergente si le bord est plus mince que le centre.

Quelques lentilles convergentes



● Action d'une lentille convergente sur un faisceau lumineux

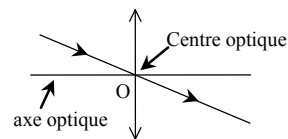
Une lentille mince convergente referme le faisceau lumineux qui la traverse. En particulier, elle transforme un faisceau parallèle en un faisceau convergent.



LE MODÈLE DES LENTILLES MINCES CONVERGENTES

● Centre optique

Dans le modèle des lentilles minces, l'épaisseur de la lentille est négligée. La lentille est alors représentée par un segment fléché dont la longueur est égale au diamètre. L'axe de symétrie de la lentille est l'axe optique. Il coupe la lentille au centre optique O.

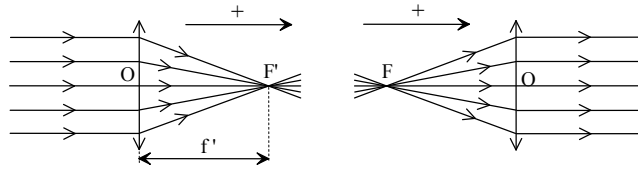


Dans ce modèle, tout rayon lumineux passant par le centre optique n'est pas dévié.

● Foyers ; distance focale

Tous les rayons parallèles à l'axe optique convergent en un point de l'axe appelé foyer image F' . Réciproquement, le point de l'axe d'où partent les rayons qui émergent parallèlement à l'axe optique est appelé foyer objet F .

Les deux foyers sont symétriques par rapport au centre optique.



L'axe de la lentille est orienté dans le sens de propagation de la lumière. L'origine de l'axe coïncide avec le centre optique. La mesure algébrique $\overline{OF'}$ de la distance entre le centre optique et le foyer image est la distance focale f' de la lentille.

Pour une lentille convergente : $f' = \overline{OF'} > 0$

● Vergence

La vergence C , exprimée en dioptrie (δ), est l'inverse de la distance focale f' exprimée en mètre :

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

IMAGE DONNÉE PAR UNE LENTILLE CONVERGENTE

● Objets et images

En optique :

- un point objet est l'intersection des rayons lumineux qui arrivent sur le système optique (lentilles, miroirs...);
- un point image est l'intersection des rayons lumineux qui quittent le système optique.

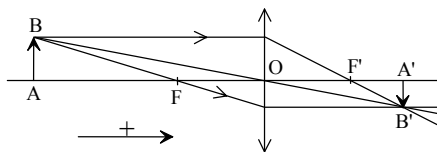
L'objet lumineux est l'ensemble des points objets. De même, l'image est l'ensemble des points images correspondants.

● Principe de construction

Quand un objet plan est perpendiculaire à l'axe de la lentille, l'image est plane et également située dans un plan perpendiculaire à l'axe. Il suffit donc de déterminer l'image d'un point pour obtenir l'image de l'objet en entier.

Pour cela, on utilise deux des trois rayons dont le cheminement est connu :

- le rayon qui passe par le centre optique : il n'est pas dévié ;
- le rayon qui passe par F : il ressort parallèlement à l'axe optique ;
- le rayon qui arrive parallèlement à l'axe optique : il passe par F'.

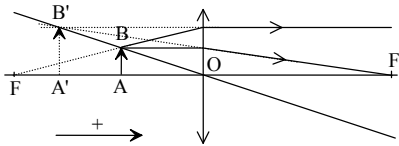


Le point image est à l'intersection de ces rayons ou de leur prolongement.

La construction dépend de la position de l'objet par rapport au foyer objet :

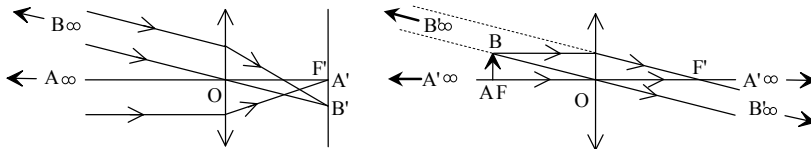
- objet avant le foyer objet (construction précédente) : l'image se forme après la lentille. Elle est renversée. L'image est réelle car les rayons émergents se coupent réellement ;

- objet entre le foyer et la lentille :



l'image se forme avant la lentille. Elle est à l'endroit et toujours plus grande que l'objet. L'image est virtuelle car les rayons émergents ne se coupent pas réellement : ce sont leurs prolongements qui se coupent.

○ Cas particuliers



Quand un point objet est à l'infini (point B sur le schéma de gauche par exemple), les rayons incidents sont parallèles entre eux. Le point image est dans le plan focal image (plan perpendiculaire à l'axe passant par le foyer image). Un seul rayon, celui qui passe par le centre optique, permet de trouver sa position.

Réciproquement, quand l'objet est dans le plan focal objet (schéma de droite), l'image se forme à l'infini.

○ Déplacement de l'objet et de l'image

Quand l'objet se déplace parallèlement à l'axe optique, l'image se déplace toujours dans le même sens : une image réelle s'éloigne de la lentille quand l'objet s'approche.

RELATIONS DE CONJUGAISON ET DE GRANDISSEMENT

○ Relation de conjugaison

La relation de conjugaison permet de déterminer la position de l'image quand la position de l'objet et la distance focale de la lentille sont connues.

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

Attention, dans cette relation $\overline{OA} < 0$ car le point objet A est placé avant le centre optique de la lentille.

● Grandissement

Le grandissement permet de comparer la taille de l'image à celle de l'objet.

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

- $\gamma < 0$ si l'image est renversée
- $|\gamma| > 1$ si l'image est plus grande que l'objet.

On peut démontrer que : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

Validité du modèle des lentilles minces

Le modèle des lentilles minces convergentes est applicable aux lentilles réelles si :

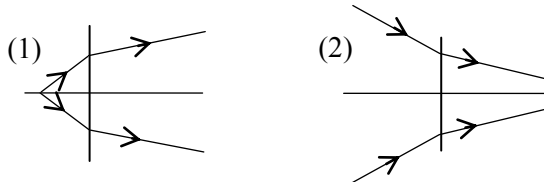
- les rayons lumineux passent près du centre optique (lentille diaphragmée) ;
- les rayons lumineux sont peu inclinés par rapport à l'axe optique.

Ces deux conditions sont appelées « conditions de Gauss ».

* Exercice 1

⌚ 5 min

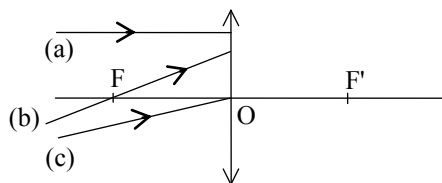
Les deux schémas ci-dessous représentent l'action d'une lentille sur un faisceau lumineux. Indiquer, en justifiant la réponse, la nature de chacune des lentilles.



* Exercice 2

⌚ 5 min

Le schéma ci-dessous représente une lentille convergente et trois rayons lumineux notés (a), (b) et (c).



1. Tracer le cheminement de chaque rayon lumineux après la lentille en justifiant la réponse.
2. Les trois rayons lumineux proviennent-ils du même point objet ?

*** Exercice 3**

🕒 8 min

1. Une lentille mince convergente a une distance focale $f' = 20$ cm. Quelle est sa vergence ?
2. Quelle est la distance focale d'une lentille de vergence $C = 25 \delta$?

*** Exercice 4**

🕒 8 min

Une lentille de distance focale $f' = 6,0$ cm donne d'un point objet A placé sur l'axe optique, devant la lentille, à 12 cm du centre optique, un point image A'.

1. Quel est le signe de la valeur algébrique \overline{OA} de la distance OA ?
2. En utilisant la relation de conjugaison, calculer la distance OA'.

*** Exercice 5**

🕒 10 min

On dispose d'une lentille de 6,0 cm de diamètre et de 4,0 cm de distance focale. Un objet AB de 2,0 cm de hauteur est placé devant la lentille à 6,0 cm du centre optique. L'objet est perpendiculaire à l'axe optique, le point A étant sur cet axe.

1. Représenter sur un schéma l'objet AB et la lentille.
2. Construire l'image A'B'.
3. L'image A'B' est-elle réelle ou virtuelle ?

**** Exercice 6**

🕒 20 min

Devant une lentille convergente de 5,0 cm de diamètre et de 4,0 cm de distance focale, on place un objet AB de 2,0 cm de hauteur. Le point A est sur l'axe optique, à 12 cm du centre optique.

1. Construire l'image A'B' et mesurer sa hauteur.
2. Retrouver la position et la taille de l'image par le calcul.
3. Griser le faisceau issu de B et traversant la lentille.

**** Exercice 7**

⌚ 20 min

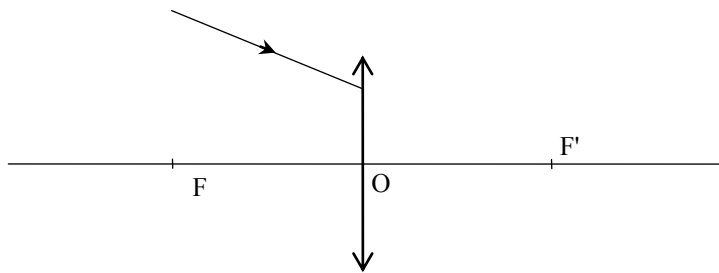
Une lentille convergente de 4 cm de diamètre et de 4,0 cm de distance focale est utilisée en loupe : on place devant cette lentille, à 3,0 cm du centre optique, un objet AB de 1,0 cm de hauteur. Le point A est sur l'axe optique.

1. Construire l'image A'B' et mesurer sa hauteur.
2. Quelle est la nature, réelle ou virtuelle de l'image ?
3. Retrouver la position et la taille de l'image par le calcul.
4. Griser ou hachurer le faisceau issu de B et traversant la lentille.

**** Exercice 8**

⌚ 10 min

Tracer la marche du rayon lumineux après la traversée de la lentille en justifiant le tracé

**** Exercice 9**

⌚ 12 min

Une lentille convergente de 5,0 cm de distance focale est utilisée pour former l'image d'un objet AB de 1,0 cm de hauteur. L'objet est placé 10 cm devant la lentille, le point A étant sur l'axe optique.

1. Construire l'image sur un schéma
2. Calculer le grandissement de la lentille.
3. Comment évoluent la taille et la position de l'image quand l'objet se déplace :
 - a) de l'infini jusqu'à la position précédente ?
 - b) de la position précédente jusqu'au foyer objet ?

***** Exercice 10**

⌚ 20 min

Une lentille convergente donne sur un écran, l'image A'B' d'un objet AB de 1,0 cm de hauteur. L'image est deux fois plus grande que l'objet et située à 45 cm de celui-ci.

1. L'image est-elle réelle ou virtuelle ?
2. Faire un schéma représentant l'objet AB et son image A'B' à l'échelle 1/5 horizontalement.

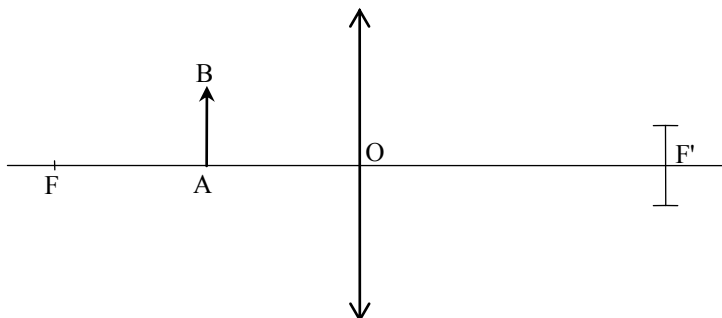
- Par construction, déterminer la position du centre optique et des foyers de la lentille. En déduire la distance focale.
- Retrouver la position de la lentille et sa distance focale par calcul.

*** Exercice 11

🕒 20 min

On dispose d'une lentille convergente de 4 cm de diamètre et de 8,0 cm de distance focale. On utilise cette lentille en loupe pour observer un objet AB de 1,0 cm de hauteur. L'objet est placé à 4,0 cm de la lentille comme le montre le schéma ci-dessous.

(schéma réalisé à l'échelle 0,5 horizontalement).



- Reproduire le schéma et construire l'image A'B' de l'objet AB.
- Quelle position particulière cette image occupe-t-elle ?
- Retrouver cette position par calcul.
- Calculer le grandissement et la taille de l'image.
- La pupille de l'observateur est représentée par un segment vertical de 1 cm de hauteur placé dans le plan focal image de la lentille. Représenter le faisceau issu de B pénétrant dans l'œil.

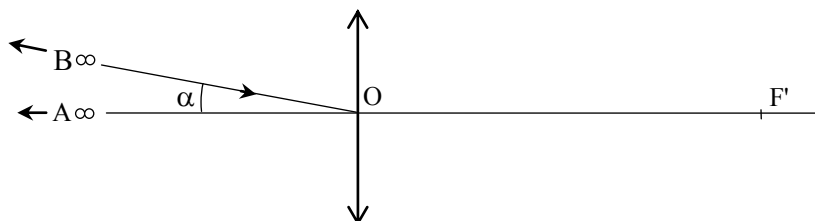
*** Exercice 12

🕒 15 min

La lune est vue depuis la Terre sous un angle $\alpha = 0,50^\circ$ ou $\alpha = 8,7 \times 10^{-3}$ rad. Cet angle est appelé diamètre apparent.

Un élève cherche à former l'image de la lune sur un écran à l'aide d'une lentille de 1,0 m de distance focale.

- À quelle distance de la lentille doit-il placer l'écran ?
- Reproduire le schéma suivant, réalisé sans souci d'échelle, puis construire l'image A'B' du diamètre AB de la lune.



3. Calculer la taille de l'image A'B' sur l'écran. On utilisera l'approximation $\tan \alpha = \alpha$ pour les petits angles
4. Griser le faisceau issu de B traversant la lentille.
5. Pour obtenir une image plus grande, l'élève doit-il choisir une lentille de plus grande ou de plus petite distance focale ?

*** **Exercice 13**

🕒 15 min

1. Construire sans souci d'échelle l'image réelle A'B' d'un objet AB donnée par une lentille.
2. En utilisant le théorème de Thalès et la relation de Chasles, établir la relation de conjugaison des lentilles minces.

Contrôle

🕒 40 min — 10 pts

On dispose d'une lentille de 6,0 cm de diamètre et de 2,0 cm de distance focale. Un objet AB de 1,0 cm de hauteur est placé devant la lentille à 3,0 cm du centre optique. L'objet est perpendiculaire à l'axe optique, le point A étant sur cet axe.

1. Représenter sur un schéma l'objet AB et la lentille. (0,5/10)
2. Construire l'image A'B'. (1/10)
3. L'image A'B' est-elle réelle ou virtuelle ? Justifier. (0,5/10)
4. Retrouver la position de l'image par le calcul. (1,5/10)
On place maintenant l'objet AB devant la lentille, à 1,5 cm du centre optique, le point A étant toujours sur l'axe optique.
5. Construire l'image A'B' sur une nouvelle figure et mesurer sa hauteur. (2/10)
6. Quelle est la nature, réelle ou virtuelle de l'image ? (0,5/10)
7. Retrouver la position et la taille de l'image par le calcul. (2/10)
8. Griser ou hachurer le faisceau le faisceau issu de B et traversant la lentille. (2/10)