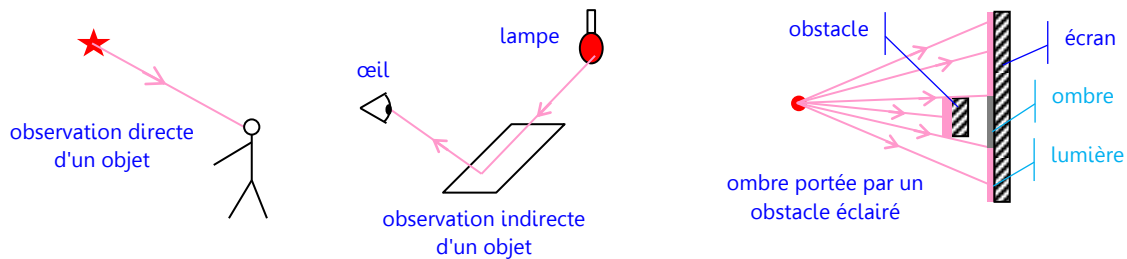


Obtenir une image avec une lentille convergente

I. Modèle du rayon de lumière.

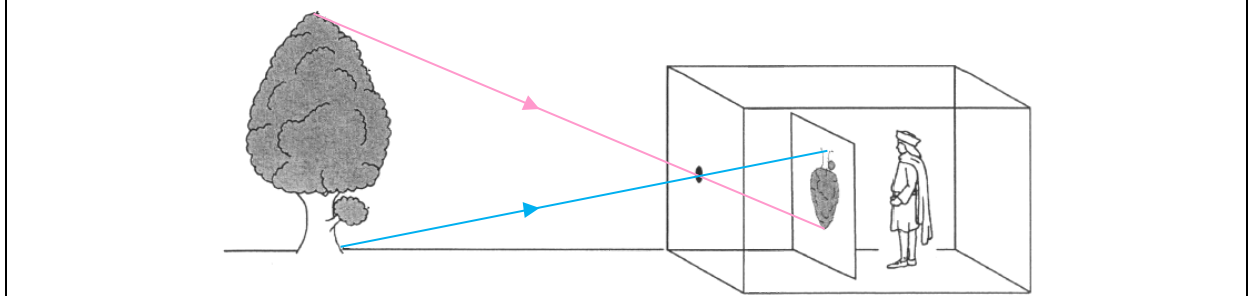
1. Dans un milieu transparent et homogène (tel que l'air ou le vide) la lumière se propage **en ligne droite**.

Pour la représenter, on peut alors utiliser le modèle du rayon de lumière : **segment orienté** de la source vers le récepteur.



2. Comment est l'image donnée par un sténopé et pourquoi ?

L'image donnée par un sténopé (petit trou réalisé dans une chambre noire) est **renversée** et **peu lumineuse** car les rayons de lumière passent par **un même petit trou** qui ne laisse passer que **peu de lumière**.

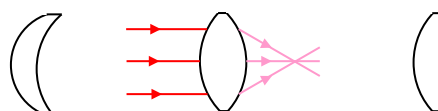


3. Lorsque la lumière passe d'un milieu transparent à un autre, elle est déviée (phénomène de réfraction de la lumière).

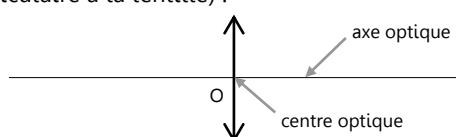
II. Les différentes lentilles optiques.

4. Une lentille optique est un milieu transparent limité par deux surfaces (dioptries) sphériques ou par une surface sphérique et une plane. Les lentilles rendent le milieu non homogène et la lumière ne se propage donc plus en ligne droite : les lentilles modifient le trajet de la lumière.

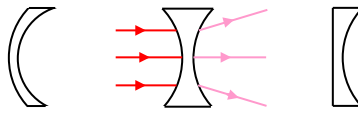
5. Les lentilles convergentes ont des bords minces (plus que leur centre). Elles font converger les faisceaux parallèles de lumière. Elles grossissent les objets assez proches.



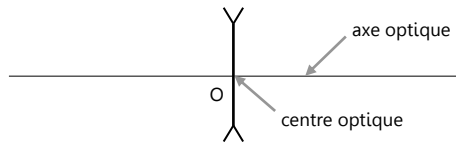
Elles sont représentées par une double flèche (bords minces), le centre optique O (centre de la lentille) et l'axe optique (passant par O et perpendiculaire à la lentille) :



6. Les lentilles divergentes ont des bords épais (plus que leur centre). Elles font diverger les faisceaux parallèles de lumière. Elles rétrécissent les objets assez proches.

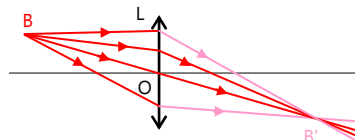


Elles sont représentées par une double flèche inversée (bords épais) :



III. Propriétés des lentilles convergentes.

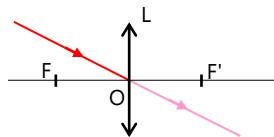
7. Les rayons de lumière issus d'un même point de l'objet (appelé point-objet) et qui arrivent sur la lentille émergent de celle-ci en passant par un même point appelé point-image. L'ensemble des points-image forme une image (et un objet est l'ensemble des points-objets).



III. a) Centre optique.

8. Qu'arrive-t-il à un rayon de lumière qui passe par le centre optique d'une lentille convergente ?

Les rayons de lumière qui passent par le centre optique O d'une lentille ne sont pas déviés.



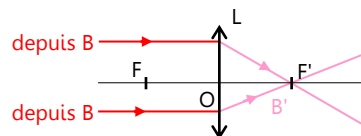
III. b) Foyer image.

9. Comment sont les rayons de lumière qui proviennent de l'infini ?

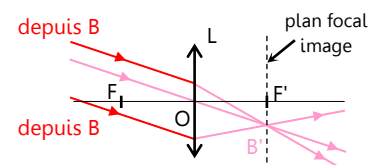
Les rayons de lumière qui proviennent d'un point situé extrêmement loin (à l'infini) sont parallèles entre eux.

10. Qu'arrive-t-il aux rayons de lumière qui arrivent parallèles à l'axe optique d'une lentille convergente ?

Les rayons de lumière qui arrivent parallèles à l'axe optique d'une lentille se croisent au foyer image F' (ils convergent en F').



11. Plus généralement, si la lumière arrive sous forme de faisceaux parallèle (la lumière semble provenir d'un point situé à l'infini), elle converge en un point du plan focal image ; point que l'on obtient en traçant le rayon passant par O (car non dévié).



12. Qu'est-ce que la distance focale ?

La distance OF ou OF' est appelée distance focale f' : $f' = OF' = OF$

13. Quelle est la relation mathématique liant la vergence et la distance focale ?

$$C = \frac{1}{f'} \quad \text{et donc} \quad f' = \frac{1}{C} \quad \text{avec } f' \text{ la distance focale en mètres (m) et } C \text{ la vergence en dioptries } (\delta).$$

Exemple : Déterminer la vergence d'une lentille convergente dont foyer est situé à 50 cm de son centre optique.

$$f' = 0,50 \text{ m} \quad \text{donc} \quad C = 1 / f' = 1 / 0,50 = 2,0 \delta.$$

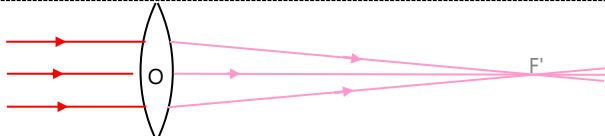
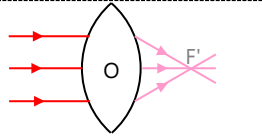
Exemple : Déterminer la distance focale d'une lentille de vergence 3 δ .

$$f' = 1/C = 1/3 = 0,3 \text{ m}.$$

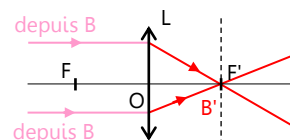
14. Quel est le lien entre la forme d'une lentille, sa vergence et sa capacité à faire converger la lumière ?

Plus une lentille convergente est bombée et plus elle fait converger la lumière (sa vergence C est **plus élevée** et sa distance focale f' est **plus faible**).

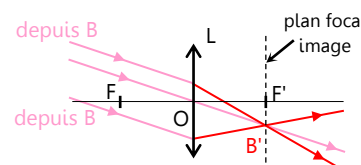
Exemple :

		
distance focale	$f' = OF'$ est grande	$f' = OF'$ est petite
convergente ?	peu convergente	très convergente
vergence	$C = 1 / f'$ est petite	$C = 1 / f'$ est grande

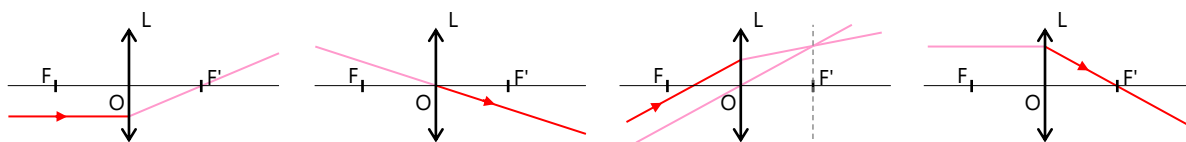
15. Réciproquement, si la lumière converge par le foyer image F' , c'est qu'elle arrivait sous forme de faisceau parallèle et parallèle à l'axe optique (les rayons qui passent par le foyer image F' arrivaient parallèles à l'axe optique).



16. Plus généralement, si la lumière converge en un point du plan focal image, c'est qu'elle arrivait sous forme de faisceau parallèle (la lumière semble provenir d'un point situé à l'infini) dont on obtient la direction en traçant le rayon passant par O (car non dévié).

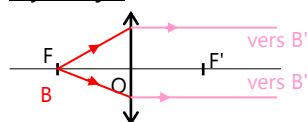


17. Pour chacun des 4 cas, prolonger le rayon de lumière de l'autre côté de la lentille.

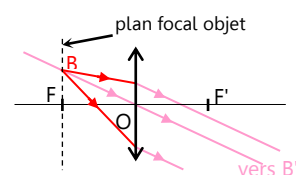
**III. c) Foyer objet.**

18. Qu'arrive-t-il aux rayons de lumière qui proviennent du foyer objet F d'une lentille convergente ?

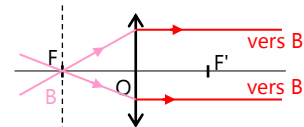
Les rayons de lumière qui proviennent du foyer objet F d'une lentille ressortent parallèle à l'axe optique.



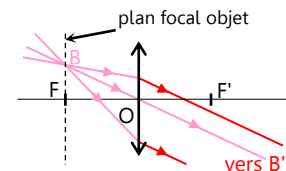
19. Plus généralement, si la lumière provient d'un point du plan focal objet, elle ressort sous forme de faisceau parallèle (le point image est à l'infini) dont on obtient la direction en traçant le rayon passant par O (car non dévié).



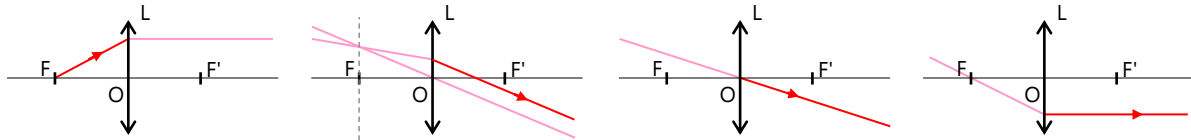
20. Réciproquement, si la lumière ressort sous forme de faisceau parallèle et parallèle à l'axe optique, c'est qu'elle arrivait du foyer objet F (les rayons qui ressortent parallèle à l'axe optique arrivaient du foyer objet F).



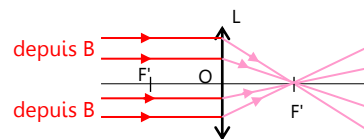
21. Plus généralement, si la lumière ressort sous forme de faisceau parallèle (le point image est à l'infini), c'est qu'elle arrivait d'un point du plan focal objet ; point que l'on obtient en traçant le rayon passant par O (car non dévié).



22. Pour chacun des 4 cas, prolonger le rayon de lumière de l'autre côté de la lentille.

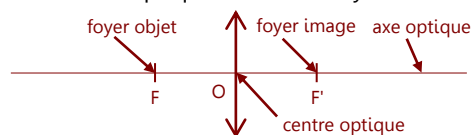


23. On rencontre parfois la situation ci-dessous où les rayons de lumière arrivent parallèles entre eux : c'est qu'ils proviennent d'un point situé extrêmement loin à gauche (idéalement à l'infini).



24. Comment les lentilles convergentes sont-elles représentées ?

Les lentilles convergentes sont représentées par une double flèche (bords minces), leur axe optique (passant par O et perpendiculaire à la lentille), leur centre optique O et leurs foyers F et F'.



IV. Construction géométrique de l'image donnée par une lentille convergente.

25. Comment obtient-on graphiquement l'image donnée par une lentille convergente ?

Pour obtenir graphiquement l'image (et sa position, sa taille et son sens) d'un objet donnée par une lentille convergente, on trace 2 ou 3 rayons de lumière partant du point-objet :

- Le rayon qui passe par le centre optique O et qui n'est pas dévié ;
- Le rayon qui passe par le foyer objet F et qui ressort parallèle à l'axe optique ;
- Le rayon qui arrive parallèle à l'axe optique et qui ressort en passant par le foyer image F'.

À l'intersection de ces rayons de lumière se trouve le point-image.

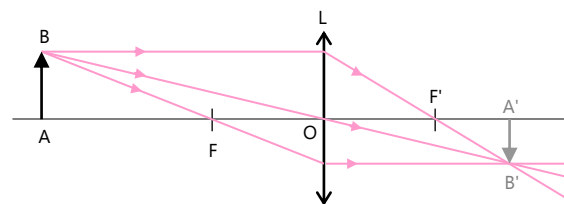
On peut alors compléter n'importe quel autre rayon de lumière issu de A ou de B.

Exemple : Construire l'image de AB et en déduire sa position, sa taille et son sens.

position de l'image : 2,5 cm après la lentille

sens de l'image : renversée (et pas droite)

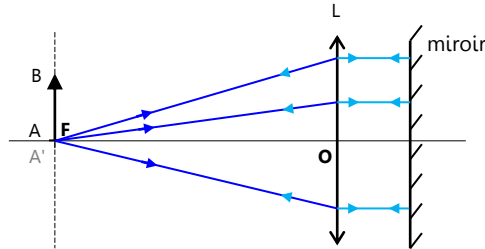
taille de l'image : 6 mm (plus petite que l'objet)



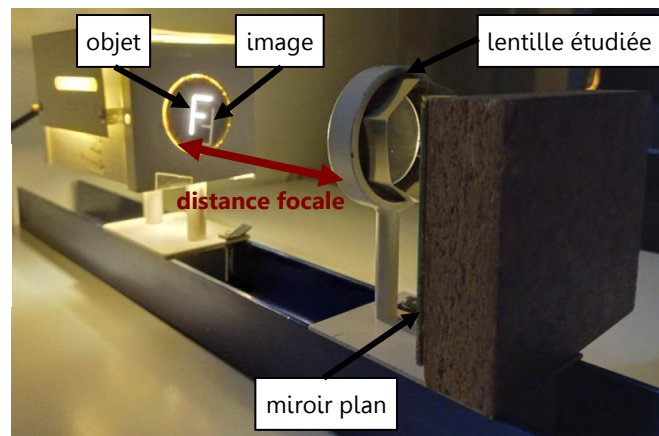
V. Détermination de la distance focale d'une lentille convergente.

26. Comment déterminer une distance focale par autocollimation ?

Pour déterminer une distance focale par autocollimation, on place **un miroir derrière la lentille** et on place l'objet de façon à ce que l'image se forme dans son plan. La distance focale f' est alors la **distance objet-lentille**.

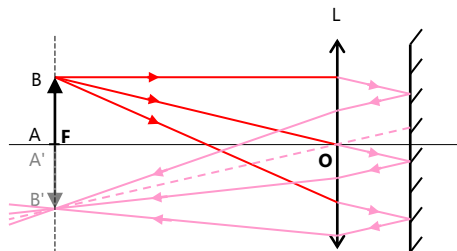


Détermination de la distance focale d'une lentille convergente par autocollimation



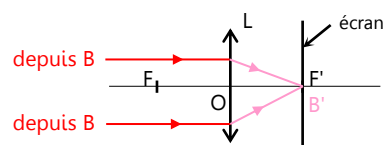
27. En effet :

- l'objet est dans le plan focal objet donc la lumière ressort de la lentille sous forme de **faisceau parallèle** ;
- le miroir réfléchit le faisceau de lumière parallèle sous forme de **faisceau parallèle** ;
- la lumière revient sur la lentille sous forme de faisceau parallèle donc elle ressort de la lentille en convergeant **dans le plan focal** (c'est-à-dire là où se trouve l'objet).



28. Comment déterminer une distance focale avec un objet à l'infini ?

Pour déterminer une distance focale avec un objet à l'infini (ou suffisamment loin), on place **un écran derrière la lentille** de façon à ce que l'image se forme dessus. La distance focale f' est la **distance lentille-écran**.



VI. Détermination analytique des caractéristiques de l'image donnée par une lentille.

29. Quels sont les sens positifs pour les grandeurs algébriques ?

Dans la direction de l'axe optique, le sens positif est le **sens de propagation de la lumière** (généralement de la gauche vers la droite).

Perpendiculairement à cette direction, si rien n'est imposé, **l'utilisateur doit préciser le sens positif**.

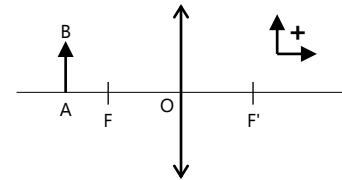
Exemple : Sur le schéma ci-contre,

$$\overline{AB} > 0$$

$$\overline{OA} < 0$$

$$\overline{OF} < 0$$

$$\overline{OF'} > 0$$



30. Quelle est la définition mathématique du grandissement d'un instrument d'optique ?

Le grandissement γ (sans unité) est le rapport de la taille de l'image sur celle de l'objet (en grandeurs algébriques) :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \quad ! \text{ grandeurs algébriques !}$$

si $\gamma > 1$ l'image est droite et agrandie

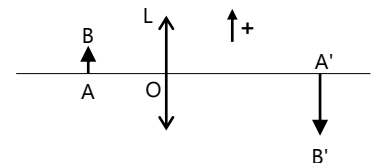
si $0 < \gamma < 1$ l'image est droite et rétrécie

si $\gamma < -1$ l'image est renversée et agrandie

si $-1 < \gamma < 0$ l'image est renversée et rétrécie

Exemple : On considère la situation ci-contre où l'objet mesure en réalité 4 cm et l'image 12 cm. Calculer le grandissement.

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-12}{4} = -3 \quad (\text{l'image est renversée et 3 fois plus grande que l'objet})$$



31. À quoi sert la relation de conjugaison et quelle est son expression ?

La relation de conjugaison établit un lien entre la position de l'image, la position de l'objet et la distance focale :

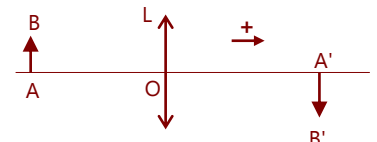
$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \quad ! \text{ grandeurs algébriques !}$$

Exemple : On souhaite projeter une image sur un écran situé à 2,0 m du projecteur. Le projecteur est constitué d'une lentille de distance focale 30 cm. Déterminer où doit être disposé l'objet.

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

$$\overline{OA'} = 2,0 \text{ m} \quad \text{et} \quad f' = 0,30 \text{ m} \quad \text{donc} \quad \overline{OA} = \frac{1}{\frac{1}{2,0} - \frac{1}{0,30}} = -0,35 \text{ m} = -35 \text{ cm}$$

donc l'objet doit être disposé 35 cm avant la lentille.



32. À quoi sert la relation de grandissement et quelle est son expression ?

La relation de grandissement établit un lien entre la taille de l'image, la taille de l'objet, la position de l'image et la position de l'objet :

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad ! \text{ grandeurs algébriques !}$$

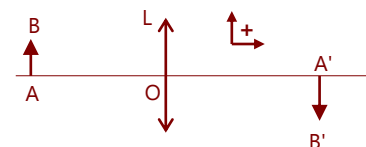
Exemple précédent : On souhaite que l'image occupe toute la hauteur d'un écran (90 cm). Déterminer la taille de l'objet.

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

$$\overline{A'B'} = -0,90 \text{ m} \quad \overline{OA'} = 2,0 \text{ m} \quad \text{et} \quad \overline{OA} = -35 \text{ cm}$$

$$\text{donc} \quad \overline{AB} = \frac{-0,90 \times (-0,35)}{2,0} = 0,16 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

donc l'objet doit mesurer 16 cm.

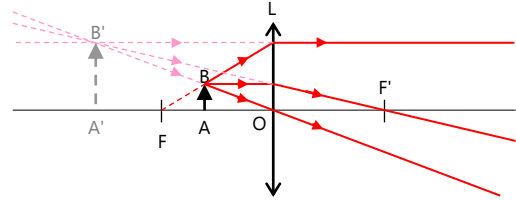


VII. Quelques réalisations avec une lentille convergente.

33. Dans quels cas parle-t-on d'image virtuelle ?

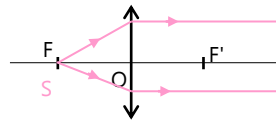
À la sortie d'un instrument d'optique, si la lumière diverge c'est qu'elle provient d'une image dite virtuelle car elle est avant cette sortie et ne peut pas être visualisée sur un écran.

Exemple : Tracer l'image de l'objet AB pour montrer qu'elle est virtuelle.



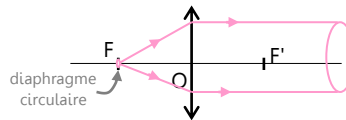
34. Comment faire pour qu'une source de lumière paraisse à l'infini ?

Pour qu'une source de lumière paraisse à l'infini, on peut ajouter une lentille convergente et placer la source au foyer objet F de cette lentille (donc à la distance f' , par exemple par autocollimation).



35. Comment réaliser expérimentalement un faisceau de lumière cylindrique ?

Pour réaliser expérimentalement un faisceau de lumière cylindrique, on peut utiliser un diaphragme circulaire assez petit comme objet et le placer au foyer objet F d'une lentille convergente (donc à la distance f' , par exemple par autocollimation).



36. Comment est l'image donnée par une loupe et pourquoi ?

L'image donnée par une loupe est une image virtuelle car l'objet est placé près de cette lentille convergente.

