

1^{re}

Cédric Roux

PRÉPAS SCIENCES

COLLECTION DIRIGÉE PAR **BERTRAND HAUCHECORNE**

SPÉCIALITÉ

PHYSIQUE CHIMIE

- Résumé de cours
- Méthodes
- Vrai/faux
- Exercices, avec indications
- Corrigés détaillés et commentés

3^e édition



Chapitre 1

Vision et images

La vision est l'organe essentiel de notre perception du monde par l'intermédiaire de l'œil. La conception de lentilles a permis de corriger nos défauts de vision. Plus généralement, grâce à la compréhension de la formation des images on a pu concevoir des objets nouveaux comme l'appareil photographique.

■ Un scientifique

René **Descartes** (1596-1650) est avant tout célèbre pour la rédaction du *Discours de la méthode*. Dans ce livre, publié en 1637, il énonce les règles d'une bonne démarche scientifique. En appendice de cet ouvrage, il publie trois textes pour illustrer sa méthode. C'est dans l'un d'entre eux, *la Dioptrique*, qu'il énonce ses découvertes dans le domaine de l'optique permettant des progrès dans la fabrication de lentilles. Sur son nom, on a construit l'adjectif *cartésien* qui qualifie un esprit rationnel et rigoureux. On lui doit aussi, en géométrie, l'introduction des coordonnées dans un plan ; c'est pourquoi on parle de *repère cartésien*.

LE SAVIEZ-VOUS ?

La loi de la réfraction en optique porte en France le nom de **Descartes**. En réalité, un mathématicien hollandais, Willebrord **Snell** (1580-1626), l'avait énoncée avant lui. En 1657, un autre mathématicien, Pierre **de Fermat** avait justifié cette loi par le principe de moindre temps : le rayon lumineux parcourant l'espace en minimisant le temps de parcours.

■■ Objectifs

■ Les notions que je dois maîtriser

- ▷ Lentilles convergentes
- ▷ Distance focale et vergence
- ▷ Relation de conjugaison d'une lentille mince convergente (formule de Descartes)
- ▷ Image réelle, image virtuelle, image droite, image renversée

■ Les compétences que je dois acquérir

- ▷ Déterminer graphiquement la position, la taille et le sens de l'image d'un objet par une lentille convergente
- ▷ Exploiter les relations de conjugaison et de grandissement pour déterminer la position et la taille de l'image d'un objet-plan réel

■ ■ Résumé de cours

■ Rappels sur les lentilles minces convergentes

□ Description des lentilles minces convergentes

Une lentille mince est un objet transparent (en verre ou plexiglas par exemple) composé de deux dioptries susceptibles de dévier des rayons lumineux par réfraction. Le **centre optique** de la lentille est souvent noté O et son **axe optique**, axe privilégié de la lentille autour duquel sa rotation laisse le système inchangé, est noté Δ ou A.O. Une lentille mince convergente est schématisée par une double flèche dont la médiatrice est l'axe optique.

Dessin d'une lentille mince convergente

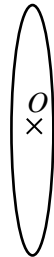
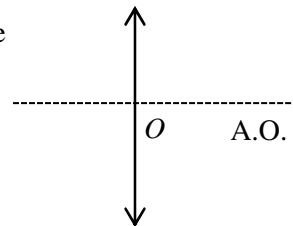
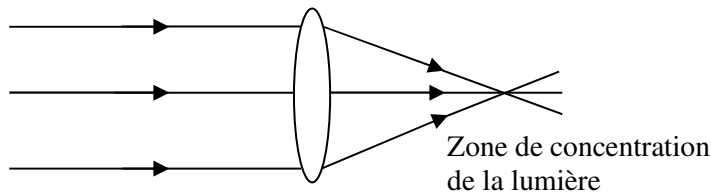


Schéma d'une lentille mince convergente



□ Convergence de la lumière

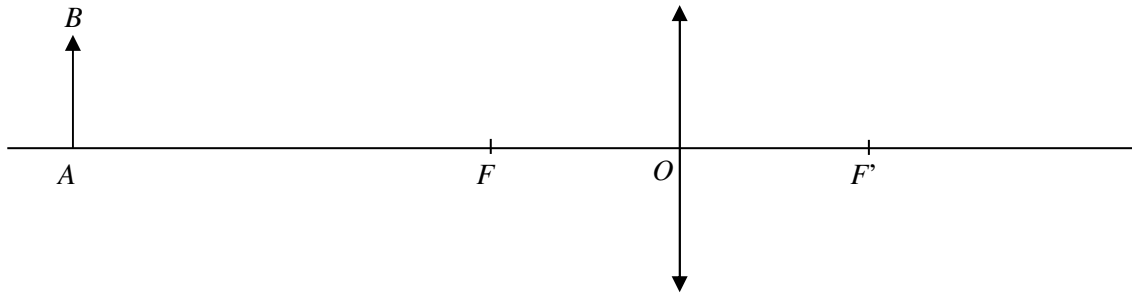
La forme convexe des bords de la lentille mince convergente lui confère la propriété de faire converger la lumière d'un faisceau lumineux. Cette propriété peut être mise à profit pour concentrer un faisceau de lumière sur une zone réduite, technique employée pour allumer un feu à l'aide d'une loupe.



□ Repérage d'un point

Le sens de propagation de la lumière sera pris de la gauche vers la droite. Pour repérer un point A sur l'axe optique par rapport au centre optique O de la lentille, la **distance algébrique** \overline{OA} sera utilisée. \overline{OA} est la distance entre O et A affectée d'un signe $+$ si A est à droite de O ou d'un signe $-$ si A est à gauche de O . Ainsi $\overline{OA} = -\overline{AO}$. De même pour $[AB]$ perpendiculaire à l'axe optique, par convention \overline{AB} sera affecté d'un signe $+$ si B est au-dessus de A ou d'un signe $-$ si B est au-dessous de A . \overline{OA} indique la position d'un objet par rapport à la lentille, \overline{AB} indique sa taille et son sens.

Exemple



Ici $\overline{OA} < 0$ et $\overline{AB} > 0$.

□ Distance focale et vergence

Les **foyers objet** (noté F) et **image** (noté F') sont des points particuliers d'une lentille. Ils sont situés de part et d'autre de la lentille à une distance appelée **distance focale** (notée f') du centre optique. Ainsi $f' = \overline{OF'} = \overline{FO} > 0$. F , foyer objet, sera toujours du côté de l'objet, par convention à gauche de la lentille. Les opticiens caractérisent les lentilles par leur **vergence**, notée C ou V , exprimée en **dioptries** (δ). V et f' sont reliées par la relation :

$$\boxed{V = \frac{1}{f'}} \quad \begin{array}{l} V : \text{vergence en } \delta \\ f' : \text{distance focale en m} \end{array}$$

Remarque

L'unité dioptrie correspond à m^{-1} tout comme Hz correspond à s^{-1} (cours de 2^{de}).

□ Chemin d'un rayon

Un rayon incident sur une lentille convergente n'est pas dévié s'il passe par O . Un rayon incident sur une lentille convergente passant par F émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique. Un rayon incident sur une lentille convergente parallèlement à l'axe optique émerge de la lentille en passant par F' .

⇒ **Méthode 1.1. Déterminer graphiquement la position, la taille et le sens de l'image d'un objet plan donné, par une lentille convergente**

■ Formation d'images

□ Objet et image

D'un **objet** lumineux AB , une lentille mince convergente donne une **image** $A'B'$. Tout rayon lumineux incident passant par A émerge de la lentille en passant par A' . Idem pour B et B' . On dit que A' est l'image de A , B' l'image de B , $A'B'$ celle de AB . L'objet situé à gauche de la lentille sur un schéma est qualifié de **réel**. L'image sera qualifiée de **réelle** si elle se trouve à droite de la lentille ou de **virtuelle** si elle se situe à gauche de la lentille.

⇒ **Méthode 1.3. Déterminer la position de l'image d'un objet situé à l'infini**

⇒ **Méthode 1.4. Déterminer graphiquement la position d'une image virtuelle**

□ Relation de conjugaison

Les grandeurs \overline{OA} et $\overline{OA'}$ indiquant les positions de l'objet et de son image sont reliées par la relation de conjugaison :

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

\overline{OA} ; $\overline{OA'}$ et f' sont exprimés dans les mêmes unités. Il est conseillé de les exprimer en m.

□ Grandissement

Le **grandissement**, noté γ , sans unité, est donné par :

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

Les grandeurs $\overline{A'B'}$, \overline{AB} , $\overline{OA'}$ et \overline{OA} sont exprimées dans les mêmes unités.

$|\gamma| > 1$ implique que l'image est plus grande que l'objet.

$\gamma > 0$ implique que l'image est **droite** (dans le même sens que l'objet).

$\gamma < 0$ implique que l'image est **renversée** (dans le sens contraire de celui de l'objet).

⇒ **Méthode 1.2. Déterminer la position et la taille d'une image à l'aide de la relation de conjugaison et du grandissement**

■ Comment déterminer les caractéristiques de l'image ?

□ Méthode 1.1. Déterminer graphiquement la position, la taille et le sens de l'image d'un objet plan donné, par une lentille convergente

Cette méthode permet de déterminer position et taille de l'image d'un objet par un tracé de rayons. Sa précision dépend du soin des tracés. Le schéma doit être à une échelle raisonnable : trop petit, les mesures seront imprécises, trop grand, il ne rentrera pas sur la copie. La méthode consiste à tracer 2 des 3 rayons particuliers.

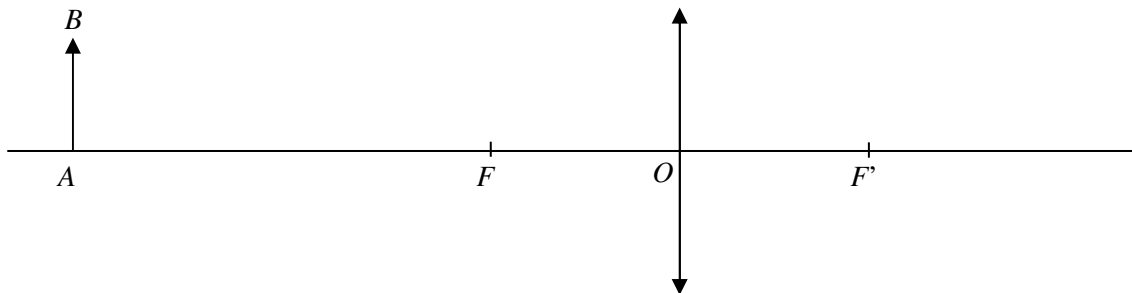
⇒ Exercices 1.1 à 1.4.

Considérons un objet lumineux P utilisé en TP, de 7,5 cm de hauteur, situé à 40,0 cm d'une lentille mince convergente de $V = 8,00 \delta$. À quelle distance de la lentille doit être placé un écran afin qu'il s'y forme une image nette de l'objet ?

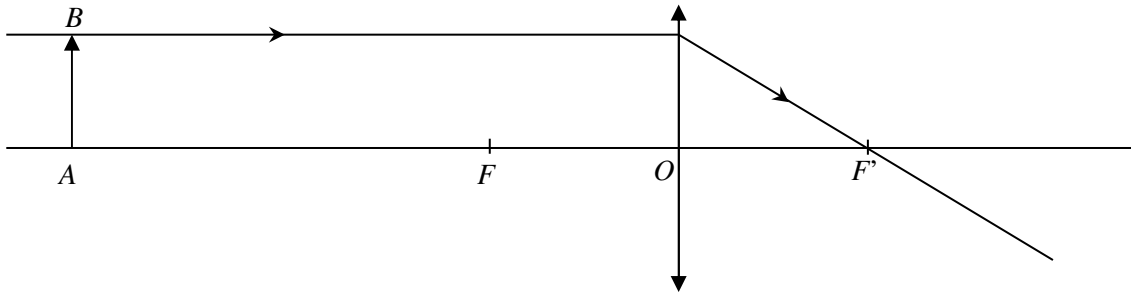
D'abord il faut déterminer f' : $f' = \frac{1}{V} = \frac{1}{8,00} = 0,125 \text{ m} = \boxed{12,5 \text{ cm}}$.

Le schéma initial est donc :

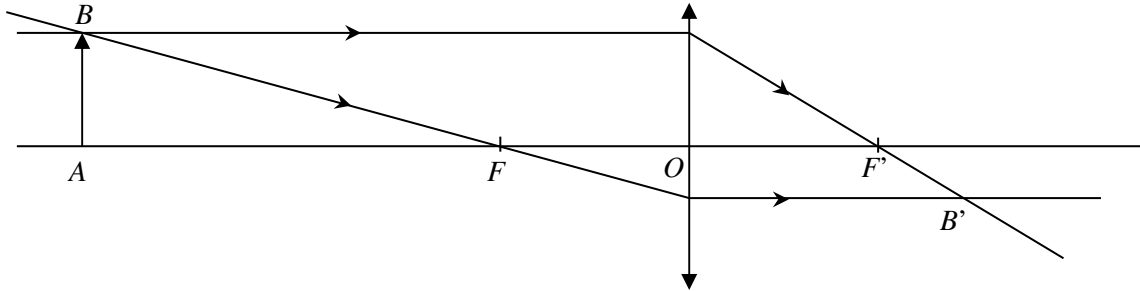
échelle 1/5 : 5 cm (réel) \Leftrightarrow 1,0 cm (schéma)



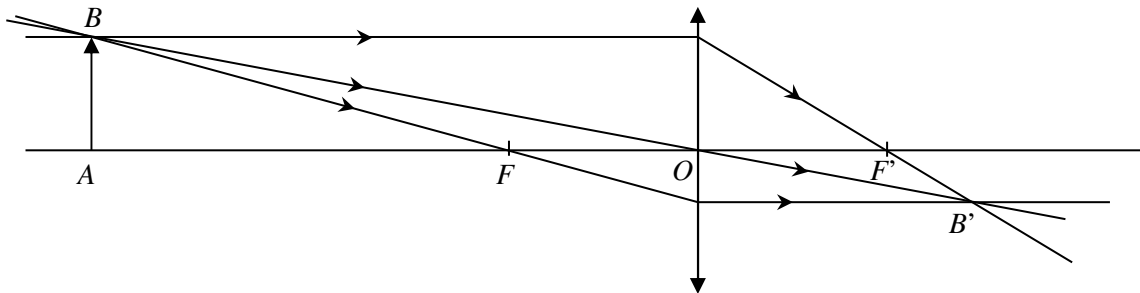
Par la méthode des tracés, il faut deux des trois rayons particuliers afin de déterminer l'image du point B . Arbitrairement, le premier sera ici celui passant par B , arrivant vers la lentille parallèlement à l'axe optique, il ressort de la lentille en passant par F' :



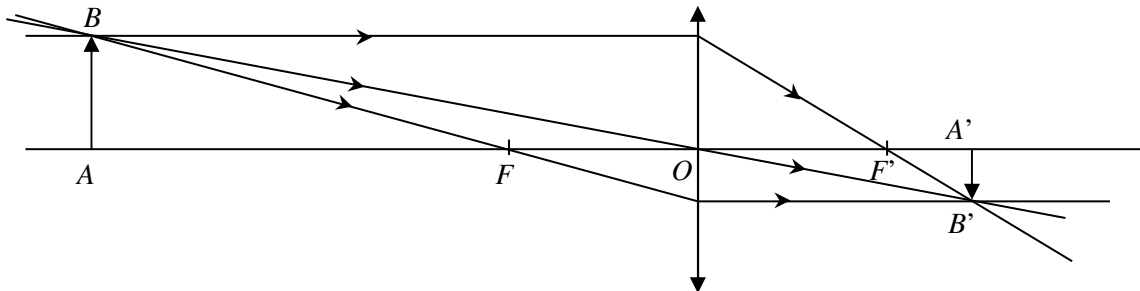
Ensuite un second rayon particulier, ici ce sera celui passant par B et F , il émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique. À son croisement se trouve B' , image de B .



Le troisième rayon, passant par B et O , le centre optique, n'étant pas dévié, aurait tout aussi bien pu être utilisé. Il ne coûte pas grand-chose de le tracer aussi, cela est même recommandé afin de vérifier qu'il passe bien par B' .



A étant sur l'axe optique, A' l'est aussi. Pour trouver A' , il suffit de projeter B' sur l'axe optique :



Il ne reste qu'à mesurer $A'B'$ et OA' sur le schéma, calculer par proportionnalité avec l'échelle de réduction, on trouve $OA' = 3,6 \text{ cm}$, $A'B' = 0,7 \text{ cm}$. En tenant compte des grandeurs algébriques orientées et du facteur 5 d'échelle : $\overline{OA'} = 18 \text{ cm}$ et $\overline{A'B'} = -3,5 \text{ cm}$.

Remarque

Ces grandeurs dépendent de mesures faites à la règle, au mieux précises à 0,5 mm près ! Avec un facteur d'échelle de 5, nous ne pouvons garantir ces résultats à mieux que 2,5 mm près !

□ Méthode 1.2. Déterminer la position et la taille d'une image à l'aide de la relation de conjugaison et du grandissement

Cette méthode permet de déterminer position et taille de l'image d'un objet par le calcul. Il est indispensable de pouvoir manier la relation de conjugaison afin d'exprimer la grandeur recherchée en fonction des données.

⇒ Exercices 1.2, 1.5, 1.6 et 1.7.

Reprenons l'exemple cité dans la méthode 1.1. Une extraction des données importantes de l'énoncé donne : $\overline{OA} = -40,0 \text{ cm} = -0,400 \text{ m}$; $\overline{AB} = 7,5 \text{ cm} = 0,075 \text{ m}$. Le calcul de f' donne $f' = 0,125 \text{ m}$. Il faut déterminer $\overline{OA'}$ puis $\overline{A'B'}$. D'abord, isolons $\overline{OA'}$:

En partant de la relation de conjugaison $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$, on a $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}}$ d'où en mettant

sous le même dénominateur $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{\overline{OA}}{\overline{OA} \times f'} + \frac{f'}{\overline{OA} \times f'} \rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{\overline{OA} + f'}{\overline{OA} \times f'}$, en prenant l'inverse

on obtient $\overline{OA'} = \frac{\overline{OA} \times f'}{\overline{OA} + f'}$. A.N. : $\overline{OA'} = \frac{-0,400 \times 0,125}{-0,400 + 0,125} = 0,182 \text{ m} = \boxed{18,2 \text{ cm}}$.

Pour déterminer $\overline{A'B'}$, il faut utiliser le grandissement :

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ d'où $\overline{A'B'} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \times \overline{AB} = \frac{18,2}{-40,0} \times 7,5 = \boxed{-3,4 \text{ cm}}$.

Les résultats trouvés algébriquement confirment ceux trouvés géométriquement (méthode 1), avec plus de précision toutefois.

Remarque

Il est **indispensable** de savoir manier les équations **algébriques** avant d'introduire les valeurs numériques. Aussi, il est conseillé de s'entraîner à isoler $\overline{OA'}$ (démonstration ci-dessus), \overline{OA} ou f' . Apprendre ces résultats est inutile, mais il est indispensable de pouvoir les retrouver :