

1

Couleurs, vision et images

1. LENTILLES MINCES CONVERGENTES

1.1. Notion de lentille convergente

Une **lentille** est constituée d'un **matériau transparent** délimité par deux surfaces sphériques ou une surface plane et une surface sphérique. Une **lentille convergente** est un objet transparent à **bords minces** et à **centre épais**.

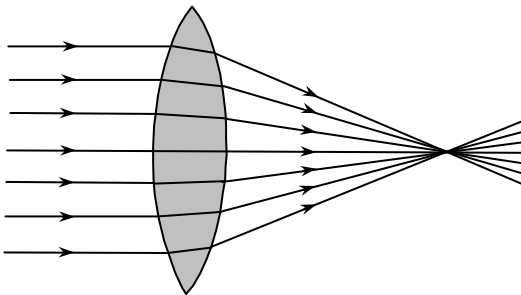


Figure 1 : lentille convergente faiblement bombée

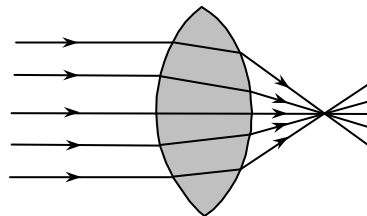


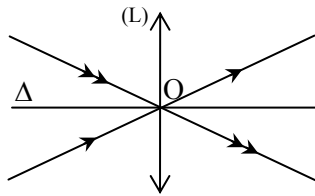
Figure 2 : lentille convergente fortement bombée

Lorsqu'un **faisceau parallèle** de lumière traverse une lentille convergente, les rayons lumineux se rapprochent les uns des autres et se coupent en un **point unique**.

Plus une lentille convergente est **bombée**, plus elle est **convergente**, c'est-à-dire plus les rayons lumineux émergents se coupent près d'elle.

1.2. Modélisation d'une lentille mince convergente

Une lentille mince convergente est caractérisée par son **centre optique** O, son **axe optique** Δ , son **foyer image** F' et son **foyer objet** F.

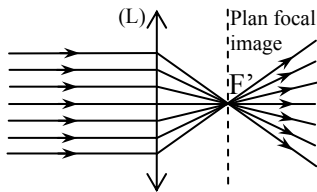


Centre optique et axe optique

Le **centre optique** O coïncide avec le centre géométrique de la lentille.

Tout **rayon passant par le centre optique** O de la lentille **n'est pas dévié**.

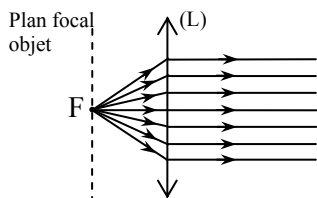
L'**axe optique** Δ passe par O et est perpendiculaire au plan de la lentille.



Foyer image F'

Tous les **rayons lumineux incidents, parallèles à l'axe optique**, émergent en un **point unique F'** appelé **foyer image**.

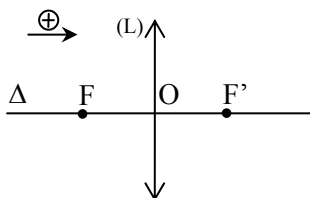
Le plan contenant F', et perpendiculaire à l'axe optique, est appelé **plan focal image**.



Foyer objet F

Tous les **rayons incidents issus du foyer objet** F **émergent parallèlement à l'axe optique**.

Le plan contenant F et perpendiculaire à l'axe optique est appelé **plan focal objet**.



Convention d'algèbrisation

L'**axe optique** Δ est **orienté** dans le **sens de propagation de la lumière**, soit sur le schéma ci-contre, de la gauche vers la droite.

La grandeur algébrique $\overline{OF'} > 0$ signifie que F' se trouve à droite de O alors que $\overline{OF} < 0$ indique que F est positionné à gauche de O.

Figure 3 : modélisation d'une lentille mince convergente (L)

Distance focale image et vergence

La **distance focale image** d'une lentille convergente est la grandeur positive définie par $f' = \overline{OF'}$. Elle s'exprime en **mètres** (m).

La **vergence** V d'une lentille convergente est l'**inverse** de la **distance focale** :

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

Elle s'exprime en **dioptries** (δ) et est **positive** pour une **lentille convergente**.

Remarque

Une lentille est très convergente si sa distance focale est courte et donc sa vergence élevée.

1.3. Construction géométrique de l'image

L'objet est situé entre l'infini et le foyer objet.

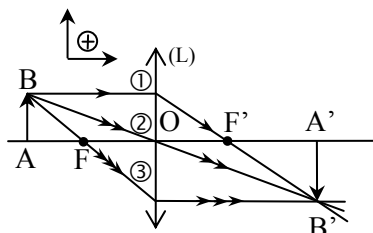


Figure 4 : rayons remarquables

Pour déterminer l'image B' d'un point objet B , situé en dehors de l'axe optique, on utilise deux des **trois rayons remarquables** suivants :

- le **rayon ①** issu de B , parallèle à l'axe optique et qui émerge en passant par F' ,
- le **rayon ②** issu de B , passant par O et qui n'est pas dévié,
- le **rayon ③** issu de B , passant par F qui émerge parallèlement à l'axe optique.

L'image du point objet A , projeté orthogonal de B sur l'axe optique Δ , est alors le point image A' , projeté orthogonal de B' sur Δ . L'**image** de l'**objet** est **renversée** et elle est nette sur un écran placé en A' .

L'objet est situé entre le foyer objet et le centre optique.

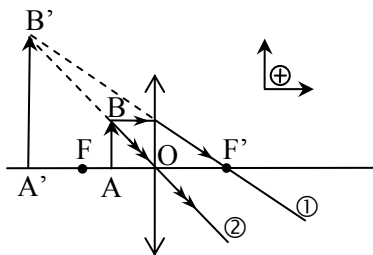


Figure 5 : rayons remarquables

Les rayons ① et ② semblent provenir du point B' .

L'image se forme du même côté que l'objet : on ne peut pas la recueillir sur un écran (**image virtuelle**). On peut l'observer à condition de se placer à droite de la lentille en regardant à travers elle.

L'**image** est **plus grande** que l'**objet** et de **même sens**.

Remarque

Lorsqu'un objet est à l'infini, les rayons lumineux qui en sont issus, arrivent parallèlement entre eux sur la lentille.

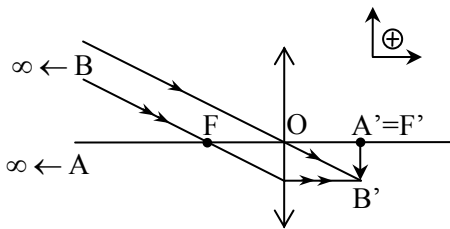
Exercice d'application 1

Un objet AB est déplacé le long de l'axe optique d'une lentille convergente dont la distance focale image est f' . Construire la position de l'image lorsque l'objet AB est :

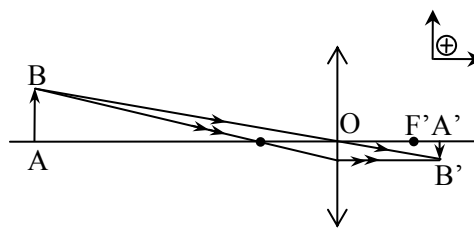
1. à l'infini
2. à $\overline{OA} = -4 f'$
3. à $\overline{OA} = -2 f'$
4. à $\overline{OA} = -f'$
5. à $\overline{OA} = -0,5 f'$.

Corrigé

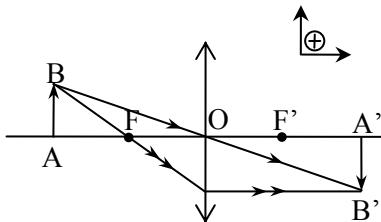
Pour construire l'image A'B' d'un objet AB, il suffit de tracer deux des trois rayons lumineux remarquables issus du point objet B situé en dehors de l'axe optique.



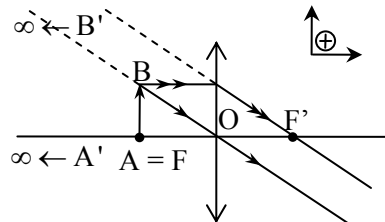
1. L'objet AB est à l'infini.



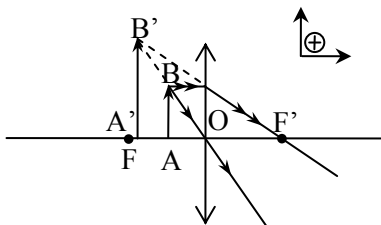
2. L'objet AB est tel que $\overline{OA} = -4 f'$



3. L'objet AB est tel que $\overline{OA} = -2 f'$



4. L'objet AB est tel que $\overline{OA} = -f'$



5. L'objet AB est tel que $\overline{OA} = -0,5 f'$

Remarques : l'image d'un objet à l'infini se forme dans le plan focal image de la lentille (cas 1.).

Lorsque l'objet se trouve dans le plan focal objet de la lentille, son image se forme à l'infini (cas 4.)

1.4. Relations de conjugaison et de grandissement

Les positions relatives d'un point objet A et de son image A' formée par une lentille convergente de centre optique O et de foyer image F' sont fournies par la **relation de conjugaison** :

$$\boxed{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}} \text{ ou } \boxed{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}}$$

Les tailles relatives d'un objet et de son image sont caractérisées par le **grandissement transversal** :

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

Si $\gamma > 0$, l'image et l'objet sont de même sens.

En revanche si $\gamma < 0$, l'image est renversée.

Exercice d'application 2

1. Une lentille mince convergente de centre optique O a pour vergence $V = 5,0 \text{ δ}$. Calculer sa distance focale f' .
2. On place la lentille devant un objet de hauteur 12 mm placé à 15 cm de O.
 - a) Calculer la position de l'image A'B' donnée par la lentille.
 - b) Calculer le grandissement de l'image.
 - c) Calculer la dimension de l'image.
3. Retrouver la position et la grandeur de l'image en utilisant une construction graphique.
4. Quelle fonction réalise la lentille utilisée dans ces conditions ?
5. Calculer la distance qui doit séparer l'objet de la lentille pour qu'une personne puisse observer une image grossie sans accommoder ? Faire une construction graphique.

Corrigé

1. Par définition, la distance focale image $f' = \overline{OF'}$ de la lentille convergente est

donnée par $\boxed{f' = \frac{1}{V}}$ A.N. : $f' = \frac{1}{5,0} = +0,20 \text{ m}$.

2. a) On obtient la position $\overline{OA'}$ de l'image à l'aide de la relation de conjugaison

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA}} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{\overline{OA} + \overline{OF'}}{\overline{OA} \cdot \overline{OF'}}$$

soit finalement :

$$\boxed{\overline{OA'} = \frac{\overline{OA} \cdot \overline{OF'}}{\overline{OA} + \overline{OF'}}$$

A.N. : $\overline{OA'} = \frac{(-0,15) \times (0,20)}{(-0,15) + (0,20)} = -0,60 \text{ m.}$

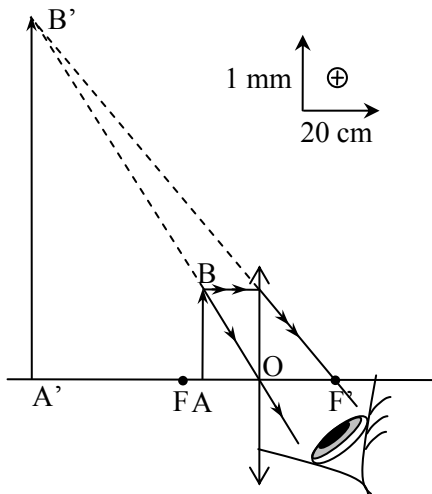
L'image $A'B'$ se situe 0,60 m avant le centre optique O de la lentille convergente.

b) Par définition : $\boxed{\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}}$ A.N. : $\gamma = \frac{-0,60}{-0,15} = +4,0.$

Le grandissement étant positif, l'image et l'objet ont le même sens. L'image est 4 fois plus grande que l'objet.

c) Par définition $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ soit $\boxed{\overline{A'B'} = \gamma \overline{AB}}$

A.N. : $\overline{A'B'} = 4,0 \times 12 \cdot 10^{-3} = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$



3. Pour construire l'image $A'B'$ de l'objet AB , il suffit de tracer deux des trois rayons lumineux remarquables issus du point objet B situé en dehors de l'axe optique.

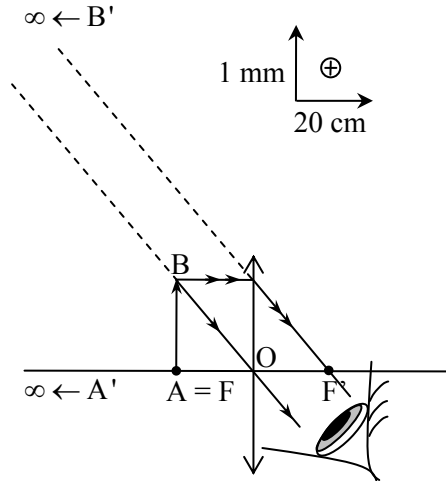
4. L'image (virtuelle) de l'objet est droite et grossie : elle peut être vue par un observateur situé à droite de la lentille et regardant à travers elle. Dans ces conditions, la lentille convergente se comporte comme une loupe.

5. Pour que l'œil de l'observateur n'accommode pas, il faut que l'image $A'B'$ de l'objet soit rejetée à l'infini. Utilisons la relation de conjugaison afin de déterminer \overline{OA} lorsque A' est à l'infini.

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

Or, lorsque A' est à l'infini $\frac{1}{\overline{OA'}} = 0 \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA}} = -\frac{1}{\overline{OF'}} \Rightarrow \boxed{\overline{OA} = -\overline{OF'} = \overline{OF}}$.

Le point objet A est donc confondu avec F : l'objet est dans le plan focal objet de la lentille.



2. L'ŒIL

2.1. Description simplifiée de l'œil

Pour que l'on puisse voir un objet, celui-ci doit **produire** de la lumière (le Soleil, une lampe...) ou **diffuser** celle qu'il reçoit (la Lune, les pages d'un livre...). Après être passée à travers différents milieux, la lumière doit ensuite **pénétrer dans l'œil**.

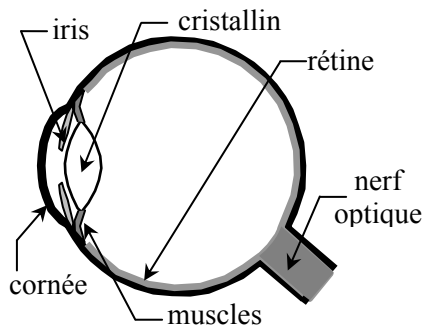
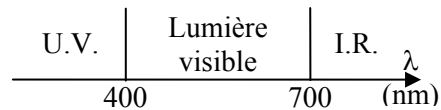


Figure 6 :
schématisation simplifiée d'un œil

L'œil est un récepteur lumineux sensible aux radiations lumineuses dont la longueur d'onde λ est comprise entre **400 nm** et **700 nm**.



Schématiquement, d'un point de vue optique, l'œil est composé du **cristallin**, assimilable à une **lentille convergente** que des muscles peuvent rendre plus ou moins bombée afin de permettre la formation des images des objets sur la **rétine**, membrane constituée de **cellules photosensibles** (**cônes** pour la **vision diurne** et

bâtonnets pour la **vision nocturne**). La **pupille**, orifice au centre de l'iris coloré, en se dilatant ou en se contractant, laisse passer plus ou moins de lumière. Les images renversées qui se forment sur la rétine sont transmises par le nerf optique au cerveau qui se charge de les interpréter.

2.2. Le modèle de l'œil réduit

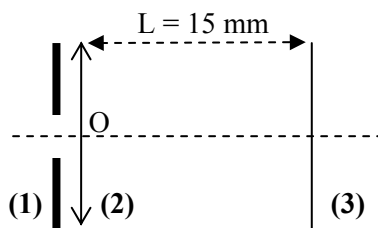


Figure 7 : œil réduit

Pour le physicien, l'œil peut être modélisé par une **lentille mince convergente** de distance focale variable (le **cristallin**) placée à une distance fixe d'environ 15 mm d'un **écran** (la **rétine**). Un **diaphragme** (la **pupille**) limite l'extension spatiale du faisceau lumineux pénétrant l'œil réduit.

- (1) Diaphragme ↔ pupille
- (2) Lentille convergente ↔ cristallin
- (3) Ecran ↔ rétine

2.3. L'accommodation

Le **point le plus proche** vu par l'œil est le **punctum proximum** (P.P.). Pour un **œil normal** (dit **emmétrope**), il est situé à environ **25 cm** devant l'œil. Le **point le plus éloigné** vu par l'œil est le **punctum remotum** (P.R.). Pour un œil normal il est situé à l'**infini**.

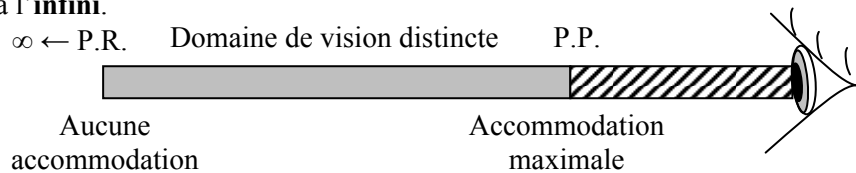


Figure 8 : domaine de vision distincte pour un œil emmétrope

L'œil ne voit nettement un objet que si son image se forme sur la rétine. **Au repos**, l'**œil** sans défaut **voit distinctement** sans effort les **objets** à l'**infini**. En revanche, lorsqu'un **objet** se situe à **distance finie** de l'œil, des **muscles déforment le cristallin** pour le rendre **plus convergent** afin de former l'image sur la rétine : c'est le phénomène d'**accommodation**.