

P1 : Images & Vision

Sommaire

Former une image

- Les lentilles
- Lentilles minces convergentes
- Construction géométrique d'une image
- Images réelle et virtuelle
- Relation de conjugaison
- Grandissement

L'œil

- Modélisation de l'œil
- Accommodation
- Œil et appareil photo

Former une image

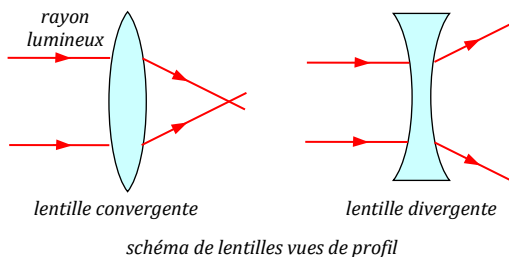
Déterminer graphiquement la position, la grandeur et le sens de l'image d'un objet-plan donnée par une lentille convergente.
Utiliser les relations de conjugaison et de grandissement d'une lentille mince convergente.

Les lentilles

Généralités

Une lentille optique est un composant fait d'un matériau transparent (le plus souvent un type de verre ou des plastiques). Les lentilles sont destinées à faire converger ou diverger la lumière.

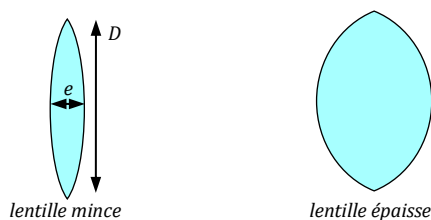
Lorsque une onde lumineuse rencontre un dioptre (surface séparant deux milieux homogènes d'indice différent), la lumière est réfractée en suivant les lois de Snell-Descartes. Une lentille est l'association de deux dioptres et par conséquent va appliquer deux réfractions à la lumière incidente.



Lentilles minces convergentes

Définitions

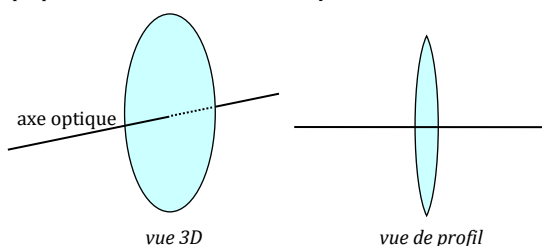
Lentille mince : une lentille est dite mince si son épaisseur e est faible devant son diamètre D .



Lentille convergente : elle fait converger des rayons lumineux qui arrivent parallèlement entre eux. Une lentille convergente est plus épaisse en son centre que sur ses bords.

Axe et centre optiques

L'axe optique d'une lentille est son axe de symétrie.

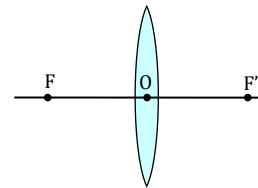


Une lentille (convergente ou divergente) possède trois points particuliers : son centre optique O et ses deux foyers.

Centre optique : noté « O », c'est le point se trouvant au centre de la lentille.

Foyers objet et image

Foyer objet et foyer image : noté respectivement F et F' , ce sont deux points se trouvant sur l'axe optique de la lentille à égale distance du centre optique.



Remarque n°1 : la distance « centre optique – foyer » est appelée distance focale de la lentille et notée f . Cette distance est propre à la lentille (elle dépend de sa forme). Les lentilles utilisées en TP ont une distance focale comprise entre 5 cm et 50 cm.

Exemple : en photo, la focale d'un objectif d'appareil reflex est comprise entre 10 mm (ultra grand angle) et 500 mm (grand télé-objectif).

Remarque n°2 : les deux foyers sont physiquement parfaitement équivalents. Celui que se trouve du côté où arrivent les rayons lumineux est appelé « foyer objet » et l'autre « foyer image ».

Remarque n°3 : des rayons lumineux qui arrivent parallèlement à l'axe optique de la lentille convergent tous au foyer image. Une lentille convergente concentre donc la lumière qu'elle reçoit du soleil, parfois suffisamment pour provoquer l'embrassement d'une feuille de papier.



Utilisation d'une loupe pour faire brûler une feuille de papier

Vergence

Les opticiens utilisent parfois la « vergence » C pour définir une lentille, plutôt que sa distance focale. Plus une lentille dévie fortement les rayons lumineux, plus sa vergence est importante :

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

C s'exprime en dioptrie (δ) lorsque f' est exprimé en mètre.

Exemple : une lentille convergente de distance focale $f' = 20$ cm (soit 0,2 m), aurait une vergence $C = 1 \div 0,2 = 5 \delta$

TP P1.1 : Lentilles convergentes

Modéliser le comportement d'une lentille mince convergente à partir d'une série de mesures.

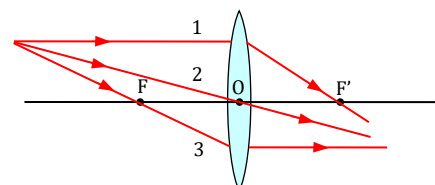
Objectif : découvrir par l'expérience le fonctionnement d'une lentille convergente.

Animation sur les lentilles convergentes

Rayons particuliers

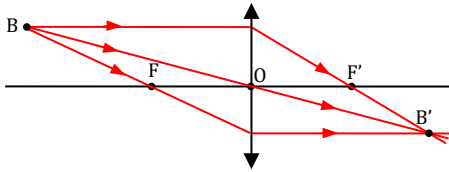
Il existe trois rayons particuliers qui permettent d'obtenir, par construction géométrique, l'image d'un objet formée par une lentille convergente :

- Rayon incident parallèle à l'axe optique** : il ressort de la lentille en passant par le foyer image F' .
- Rayon incident passant par le centre optique** : il n'est pas dévié.
- Rayon incident passant par le foyer objet F** : il ressort de la lentille parallèlement à l'axe optique.



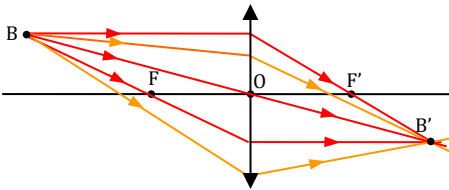
Construction géométrique d'une image

Pour construire géométriquement l'image B' d'un point lumineux B formé par une lentille, on trace les trois rayons particuliers issus de ce point lumineux avant et après passage dans la lentille. B' se forme là où les trois rayons issus de B concourent. C'est là qu'il faut placer l'écran si l'on veut obtenir une image nette de B.



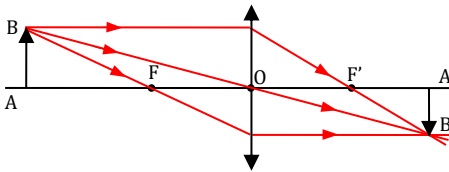
Remarque n°1 : sur un schéma optique, la lentille est schématisée par une double flèche. Il faut également placer une flèche sur chaque rayon lumineux avant et après la traversée de la lentille.

Remarque n°2 : Tous les rayons lumineux issus de B et traversant la lentille se croisent en B'. Mais nous ne pouvons les tracer qu'une fois que nous connaissons la position de B'.



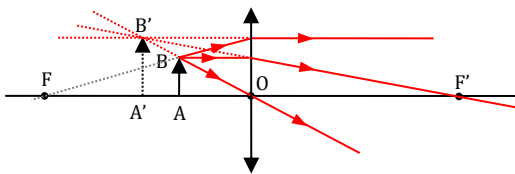
Remarque n°3 : On peut obtenir l'image B' en ne traçant que deux rayons particuliers. Mais une construction plus soignée exige de tracer les trois, lorsque cela est possible.

Remarque n°4 : En optique, on représente souvent un objet lumineux sous forme de flèche verticale partant de l'axe optique. L'image A' du point A de l'objet se trouvant sur l'axe sera à la verticale du point B'.



Images réelle et virtuelle

En suivant à la lettre la méthode de construction géométrique d'une image, on s'aperçoit que la situation est un peu différente si l'objet est placé entre le foyer objet F et le centre optique O de la lentille : les rayons ne se croisent plus au sortir de la lentille.



Cependant, un prolongement virtuellement les rayons émergents de la lentille, on s'aperçoit qu'ils se croisent tous virtuellement en un même point situé côté « objet » de la lentille.

Image réelle : une image réelle est obtenue là où des rayons lumineux se croisent réellement. On ne peut pas l'observer à l'œil nu, mais seulement sur un écran.

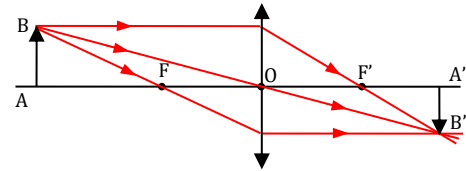
Image virtuelle : une image est dite virtuelle si elle est obtenue par croisement « virtuel » de rayons. Elle ne peut pas être recueillie sur un écran mais peut être observée à l'œil nu à travers la lentille.

Exercice 1 Construction géométrique

Relation de conjugaison

La relation de conjugaison lie les distances algébriques lentille-objet, lentille-image et distance focale.

Une distance algébrique peut être positive ou négative. Elle est comptée négativement lorsque on se déplace dans le sens opposé à celui de propagation de la lumière pour la mesurer.



Sur le schéma ci-dessus, la distance algébrique \overline{OA} est négative (notez la barre au-dessus de OA, indiquant qu'on parle d'une distance algébrique), de même que la distance \overline{OF} .

Les distances $\overline{OA'}$ et $\overline{OF'}$ sont comptées positivement.

Remarque : la distance focale f' est, par définition, $\overline{OF'}$. Elle est donc positive pour une lentille convergente.

La relation de conjugaison s'écrit :

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

Il est très important de faire attention au signe de ces valeurs !

Remarque 1 : cette relation ne faisant intervenir que des distances, il n'est pas nécessaire de les convertir en mètre. Il faut cependant que toutes les distances soient exprimées dans la même unité.

Remarque 2 : lorsque l'objet est très éloignée de la lentille, alors la valeur de la fraction $\frac{1}{\overline{OA}}$ est proche de 0. Donc la relation de conjugaison devient $\frac{1}{\overline{OA'}} \cong \frac{1}{f'}$ et l'image se forme au foyer de la lentille.

Grandissement

Le grandissement est, par définition, égale au rapport de la taille de l'image sur la taille de l'objet. Attention, il s'agit là aussi de grandeurs algébriques. Si l'image est « à l'envers » par rapport à l'objet, alors \overline{AB} et $\overline{A'B'}$ auront des signes opposés et le grandissement sera donc négatif.

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

En utilisant le théorème de Thalès, il est facile de montrer que le grandissement vaut également :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

Exercice 2 Relation de conjugaison et grandissement

Exercice 3 Relation du grandissement

Exercice 4 Utilisation optimale d'une loupe

Exercice 5 Déterminer la focale d'une lentille : méthode de Silbermann

L'œil

Anatomie de l'œil

Modélisation de l'œil

Décrire le modèle de l'œil réduit et le mettre en correspondance avec l'œil réel.

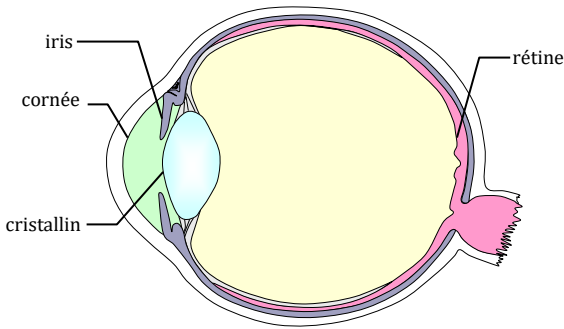
En termes d'optique, trois éléments de l'œil sont intéressants :

- **L'iris :** L'iris est une membrane circulaire et contractile de la face antérieure du globe oculaire. Il constitue la partie colorée visible de l'œil. Il est percé en son centre d'un orifice, la pupille.

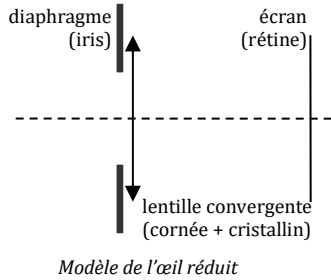
- **L'ensemble {cornée + cristallin} :** L'œil comporte deux lentilles convergentes naturelles : la cornée, située à l'entrée de l'œil, et le cristallin, située derrière l'iris et reliée aux enveloppes de l'œil par le corps ciliaire. Ces deux lentilles concentrent les rayons lumineux sur la rétine.

La particularité du cristallin en tant que lentille est de pouvoir modifier sa courbure, sous l'action du muscle ciliaire, et donc sa distance focale.

- **La rétine :** La rétine est une mince membrane couvrant environ 75 % de la face interne du globe oculaire. Sa partie sensible à la lumière se compose de photorécepteurs : les cônes (vision diurne et colorée) et les bâtonnets (vision crépusculaire et nocturne en noir et blanc), qui captent les signaux lumineux (photons) et les transforment en signaux électro-chimiques envoyés au cerveau.



L'œil peut être modélisé, en termes d'optique, par un diaphragme, une lentille convergente et un écran.



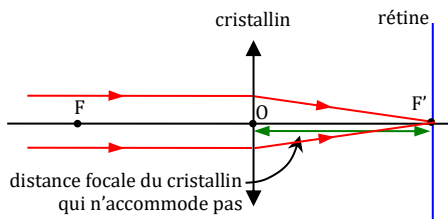
Accommodation

Modéliser l'accommodation du cristallin.

La distance cristallin – rétine ne change jamais (l'œil ne se déforme pas au cours du processus de la vision). Comment l'œil fait-il alors pour former l'image d'un objet proche ou d'un objet lointain toujours au même endroit, c'est-à-dire, sur la rétine ?

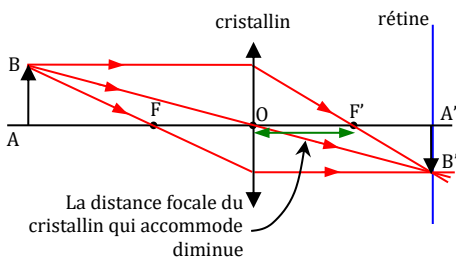
Vision de loin

Lorsqu'un œil normal (ni myope, ni hypermétrope) est au repos, il voit net les objets lointains. Les muscles ciliaires n'exercent aucune action sur le cristallin et donc ne changent pas sa courbure.



Vision de près

Lorsque l'objet observé est proche, les muscles ciliaires augmentent la courbure du cristallin, ce qui le rend plus convergent. L'image de l'objet se forme donc toujours sur la rétine.



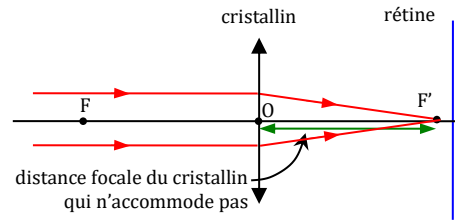
Punctum proximum : en-deça d'une certaine distance, le cristallin ne peut plus accommoder. Sa courbure a atteint sa valeur maximale. Il est impossible de voir net à une distance inférieure. Cette distance minimale d'accommodation est appelée **punctum proximum**.

Accommodation

Défauts de l'œil

Le cristallin de l'œil myope est trop convergent. L'image d'un objet à l'infini ne se forme pas sur la rétine, mais en avant de celle-ci.

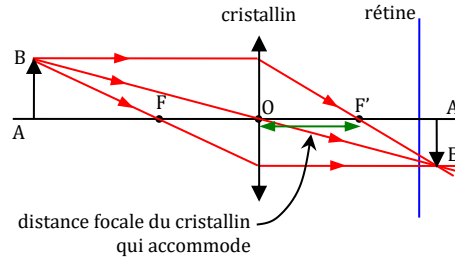
Un œil myope peut voir les objets proches et possède un **punctum proximum** plus petit qu'un œil normal (il peut voir des objets plus proches qu'un œil normal).



Œil myope observant un objet lointain

L'œil **hypermétrope** n'arrive pas à accommoder suffisamment pour voir les objets trop proches.

Un œil hypermétrope voit sans problème les objets lointains, mais possède un **punctum proximum** plus important qu'un œil normal



Œil hypermétrope observant un objet proche

Œil et appareil photo

TP P1.2 : Fonctionnement de l'appareil photo et comparaison avec l'œil

Pratiquer une démarche expérimentale pour comparer les fonctionnements optiques de l'œil et de l'appareil photographique.

Objectif : Comprendre le principe de la mise au point sur un appareil photo, et le rôle du diaphragme. Comparer le fonctionnement de l'appareil photo avec celui de l'œil.

L'appareil photo dispose d'un **diaphragme** à ouverture variable, permettant de laisser passer plus ou moins de lumière au moment de la prise de vue. L'**objectif**, qui peut être modélisé comme une lentille convergente, va permettre de former l'image de l'objet pris en photo sur le **capteur**.

Lorsque l'on prend une photo, l'**obturateur** s'ouvre pendant une durée qui dépend des conditions lumineuses de la scène (ainsi que de l'ouverture du diaphragme et de la sensibilité du capteur, les « ISO »).

L'image doit se former exactement sur la pellicule. Si elle se forme en avant ou en arrière de la pellicule, le sujet est flou. Pour faire la **mise au point**, la lentille doit se déplacer par rapport à l'objectif.

Correspondance entre l'œil et l'appareil photo

Œil	Appareil photo
iris	diaphragme
cristallin	objectif
rétine	capteur CCD

Différence œil – appareil photo

L'appareil photo forme l'image de l'objet photographié en **déplaçant** la lentille.

L'œil forme l'image de l'objet observé sur la rétine en **modifiant la distance focale** du cristallin (accommodation).

Exercice 6 Accommodation de l'œil

Exercice 7 Presbytie

Exercice 8 Latitude de mise au point en photo