

OBSERVER

**COULEURS,
VISION ET IMAGES**

1

QU'EST-CE QU'UNE LENTILLE MINCE ?



Les lois de Descartes sur la réfraction peuvent être mises à profit pour concevoir des systèmes optiques capables de corriger les défauts de la vue ou de faciliter l'observation d'objets aperçus sous de très faibles diamètres apparents, soit parce qu'ils sont très éloignés (étoiles), soit parce qu'ils sont très petits (microbes). Ces systèmes sont constitués de lentilles minces.

Une lentille mince est un corps constitué par un milieu transparent délimité par deux dioptries sphériques dont les rayons de courbure sont grands devant l'épaisseur de la lentille en son centre.

On distingue les lentilles convexes qui présentent la propriété de faire converger des rayons de lumière, et les lentilles concaves qui présentent la propriété de les faire diverger.

- ex. Un verre de lunette d'un œil myope est une lentille concave (divergent) alors que celui d'un œil hypermétrope est convexe (convergent).
- Une lentille mince est caractérisée par un axe de symétrie appelé axe optique, un centre optique noté O , un foyer objet noté F et un foyer image noté F' .
- ex. Dans le cas d'une lentille mince, F et F' sont symétriques par rapport à O et la distance OF' (ou OF) est appelée « distance focale ».
- La loi de conjugaison de Descartes ne peut rendre compte du comportement d'une lentille mince que dans le cas où elle respecte les conditions dites de Gauss.
- ex. Un objectif photographique « grand angle » ne respecte pas les conditions de Gauss car il laisse pénétrer dans l'appareil des rayons fortement inclinés.
- Pour tracer l'image A' d'un point A on a recours au tracé de trois rayons particuliers faisant usage des propriétés des points F , O et F' : le rayon passant par A et F émerge de la lentille parallèlement à l'axe ; le rayon passant par A parallèlement à l'axe émerge en passant par F' ; le rayon passant par A et O ne subit aucune déviation.
- ex. Dans le cas d'un vidéoprojecteur, l'objet est situé en aval de F ; son image est dite « réelle » car elle peut être matérialisée sur un écran. Dans le cas d'une loupe, l'objet est situé entre F et O ; son image est dite « virtuelle » car on ne peut l'apercevoir qu'en regardant à travers la lentille.



TOP CHRONO

C'est l'interro !

1. Construction d'une image réelle (5 pts)



On dispose d'une lentille de distance focale de $f = 5,0$ cm. On place un objet rectiligne AB d'une hauteur de 1,0 cm à une distance de 10 cm du centre optique O de la lentille. Le point A appartient à l'axe et le point B est situé au dessus de l'axe.

- Tracer l'image A'B' de AB.
- Préciser si l'image est réelle ou virtuelle.

2. Construction d'une image virtuelle (8 pts)



On dispose maintenant d'une lentille de distance focale de $f = 10$ cm. On place le même objet à une distance de 5 cm du centre optique O de la lentille.

- Trouver la position de l'image A'B' de AB d'après la loi de Descartes.
- Vérifier le résultat obtenu par construction géométrique et préciser si l'image est réelle ou virtuelle.

3. Association de lentilles (10 pts)

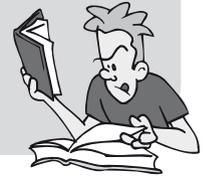


On dispose deux lentilles sur un même axe optique. Une première (à gauche) d'une focale $f_1 = 9$ cm et une seconde d'une focale $f_2 = 3$ cm. Les deux centres optiques sont séparés d'une distance $O_1O_2 = 12$ cm. On considère un objet AB situé à l'infini.

- Tracer la marche de trois rayons parallèles provenant d'un point B situé à l'infini.
- Tracer l'image intermédiaire A_1B_1 donnée par la première lentille.
- Tracer l'image de A_1B_1 par la deuxième lentille.

2

COMMENT AGRANDIR UNE IMAGE ?



Les lentilles minces servent à de nombreuses applications utiles à la vie quotidienne, notamment à améliorer la vision des objets de petite taille. Dans ce cas, les lentilles permettent d'agrandir l'image perçue. Les loupes, les vidéoprojecteurs ou encore les microscopes ou les lunettes astronomiques sont autant de systèmes optiques inventés à cette fin.

On appelle « grandissement » d'un système optique, le rapport entre la taille de l'image et celle de l'objet tel qu'il est perçu à travers le système considéré. Il est noté γ tel que :

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

Compte tenu de la définition du grandissement : si $\gamma > 0$ alors l'image est droite, mais si $\gamma < 0$ alors l'image est renversée ; si $|\gamma| > 1$ alors l'image est plus grande que l'objet, mais si $|\gamma| < 1$ alors l'image est plus petite.

- D'après le théorème de Thalès, on montre que le rapport des tailles entre l'objet et l'image vaut le rapport des distances de chacun d'eux au centre optique :

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

- ex. Dans le cas d'un microscope, les rayons issus de l'oculaire sont parallèles entre eux, en sorte que l'image est renvoyée à l'infini. Dans ce cas, on ne compare pas les tailles de l'image et de l'objet, mais les diamètres apparents sous lesquels ils sont perçus.
- Le diamètre apparent α d'un objet de dimension d situé à une distance D s'écrit :

$$\alpha = \frac{d}{D}$$

Le rapport des diamètres apparents entre l'image et l'objet est appelé grossissement. L'oculaire d'une lunette astronomique ou l'objectif d'un microscope est généralement amovible. De cette manière, en changeant d'oculaire ou d'objectif, on change le grossissement de l'appareil.



TOP CHRONO

C'est l'interro !

1. Question de cours (5 pts)



On dispose d'une lentille de distance focale de $f = 5$ cm. On place un objet rectiligne AB d'une hauteur de 1,0 cm à une distance de 10 cm du centre optique O de la lentille. Le point A appartient à l'axe et le point B est situé au dessus de l'axe.

- Construire l'image A'B' de AB.
- Calculer la valeur du grandissement.

2. Grandissement d'un vidéoprojecteur (8 pts)



Un vidéoprojecteur est constitué d'une lentille de distance focale variable. On projette une image sur un écran situé à $D = 5,0$ m de la lentille. L'objet est une photo de hauteur $h = 35$ mm située à une distance $L = 4,2$ cm du centre optique.

- Quelle doit être la valeur f de la distance focale de la lentille pour que l'image formée sur l'écran soit nette ?
- Déduire la valeur du grandissement du vidéoprojecteur dans ce cas et en déduire la taille de l'image.

3. Grossissement d'une lunette (10 pts)



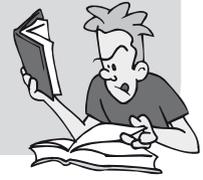
On dispose de la même lunette que précédemment. Le diamètre apparent de l'objet est noté α . Celui sous lequel est perçue l'image à travers la lunette est noté α' .

- Représenter l'axe avec les deux lentilles puis représenter α en lui affectant une valeur quelconque. Représenter de la même manière l'angle α' .
- Montrer en faisant l'approximation des petits angles ($\tan \alpha \approx \alpha$) que le

grossissement $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ vaut : $G = \frac{f_1}{f_2}$. En déduire la valeur du grossissement.

3

QU'APPELLE-T-ON ACCOMMODATION D'UN ŒIL ?



L'œil est un système optique extrêmement perfectionné. On peut distinguer différentes parties dans sa constitution dont le cristallin qui fait office de lentille mince de rayon de courbure variable. Le cristallin est donc comparable à une lentille mince de distance focale variable.

L'accommodation est le processus par lequel la forme du cristallin est modifiée par l'intermédiaire d'un muscle pour adapter sa distance focale aux conditions de vision nette.

Le sens de la vue permet de voir des objets différemment éloignés de l'œil. Mais la distance qui sépare le centre optique du cristallin de la rétine n'est, quant à elle, pas modifiée. Si l'on souhaite que les images d'objets différemment éloignés se forment constamment sur la rétine, alors il faut modifier la distance focale du cristallin. Pour ce faire, c'est la courbure du cristallin qui est modifiée. C'est l'accommodation.

- Un œil emmétrope est un œil qui ne nécessite aucune correction pour observer correctement des objets différemment éloignés, hormis pour ceux qui sont situés en deçà de la distance minimale de vision nette.
- Un œil myope est un œil dont le cristallin converge trop, à cause de la forme allongée de l'œil. L'image d'un objet situé à l'infini se forme « avant » la rétine.
ex. Pour corriger l'incapacité d'un œil myope à voir avec netteté des objets éloignés, on dispose un verre correcteur divergent devant le cristallin.
- Un œil hypermétrope est un œil dont le cristallin diverge trop, à cause de la forme rétrécie de l'œil. L'image d'un objet situé à l'infini se forme « après » la rétine.
ex. Pour corriger l'incapacité d'un œil hypermétrope à voir avec netteté des objets proches, on dispose un verre correcteur convergent devant le cristallin.
- Un œil presbyte est un œil dont le cristallin n'est plus capable de converger suffisamment pour voir avec netteté des objets proches.
ex. La presbytie vient avec l'âge. Elle est due à l'usure des muscles qui agissent sur le cristallin pour modifier sa courbure. Ils ne sont plus capables de donner au cristallin une forte courbure, correspondant à une faible distance focale. On corrige donc la presbytie en disposant des verres convergents devant le cristallin.



TOP CHRONO

C'est l'interro !

1. Cas d'un œil emmétrope (5 pts)



On considère un œil dont la distance entre le centre optique O du cristallin et la rétine est de $d = 2,5$ cm. Exprimer et calculer la valeur f de la distance focale que doit avoir le cristallin si l'objet observé est à :

- Une distance « infinie » de l'œil.
- Une distance $D = 20$ cm de l'œil.
- Une distance $D' = 100$ cm de l'œil.

2. Cas d'un œil myope (8 pts)



On considère un œil myope dont la distance entre le centre optique du cristallin et la rétine est de $d = 3,0$ cm. Au repos, la distance focale du cristallin est de $f = 2,5$ cm, elle ne peut pas être supérieure ; elle est au minimum de $f' = 2,0$ cm.

- Quelle est la distance D à laquelle est situé un objet aperçu sans accommodation ?
- Quelle est la distance D' minimale de vision nette ?

3. Cas d'un œil hypermétrope (10 pts)



On considère un œil hypermétrope dont la distance entre le centre optique du cristallin et la rétine est de $d = 2,0$ cm. Au repos, la distance focale du cristallin est de $f = 2,5$ cm, elle ne peut pas être inférieure ; elle est au maximum de $f' = 3,0$ cm.

- Quelle est la distance D à laquelle est situé un objet aperçu sans accommodation ? Commenter le résultat.
- Quelle est la distance maximale D' de vision nette ?

4

EN QUOI L'ŒIL EST-IL COMPARABLE À UN APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE ?



Les appareils photographiques présentent un mode de fonctionnement tout à fait comparable à l'œil. Les différentes parties agencées de manière artificielle dans le cas d'un appareil photographique peuvent être assimilées à celles qui sont organisées naturellement dans le cas de l'œil.

A cause de la contrainte imposant une distance constante entre l'objectif et la plaque photographique, le fonctionnement d'un appareil photographique est comparable à celui d'un œil.

- L'objectif d'un appareil photographique est comparable au cristallin. Il est en effet constitué d'une ou de plusieurs lentilles minces. Il permet de faire converger les rayons incidents vers la plaque photographique. S'il est constitué de plusieurs lentilles, il se comporte comme une lentille de distance focale variable comme dans le cas de l'œil.
- La plaque photographique est comparable à la rétine. La partie qui reçoit la lumière dans un appareil photographique est constituée d'une multitude de cellules réceptrices. La résolution des photographies est d'autant meilleure que les cellules sont de petite taille et par conséquent nombreuses. Dans le cas de l'œil ce sont les cônes et les bâtonnets qui constituent les cellules photosensibles.
- Le diaphragme est comparable à l'iris, et l'ouverture du diaphragme à la pupille. L'iris est la partie visible colorée de l'œil. C'est elle qui donne la couleur de l'œil. Elle est susceptible de modifier son diamètre selon les contraintes extérieures. Le diaphragme est la partie qui laisse pénétrer la lumière dans l'appareil photo.
- L'intérieur de l'œil est constitué de milieux d'indices de réfraction différents. Cette partie n'est pas reproduite dans le cas d'un appareil photographique. Il ne comporte pas de milieu transparent autre que celui des lentilles.
- On appelle pouvoir séparateur de l'œil, le plus petit diamètre apparent sous lequel il peut percevoir deux points distincts. Pour l'œil humain il est de l'ordre de $3 \cdot 10^{-4}$ rad.