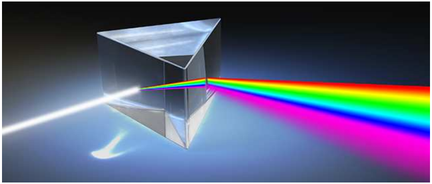
Cours préparatoire en Médecine

Optique géométrique



Dr D. Wattiaux

Université de Mons

7 novembre 2017

Sommaire

Encadrants

- Il y a 7 séances de 2 heures réparties entre le 16 août et le 1er septembre (cf. planning général).
- une simulation d'examen le 5 septembre avec correction
- La matière de Physique est encadrée par :

Dr David Wattiaux
✉ david.wattiaux@umons.ac.be
☎ 065/37.41.80

Matières concernées
Electromagnétisme et Optique géométrique

Dr Gwendolyn Lacroix
✉ gwendolyn.lacroix@umons.ac.be
☎ 065/37.46.96

Matières concernées
Biomécanique et Phénomènes ondulatoires

Electromagnétisme et optique géométrique : organisation

Il y a au total 7 heures (sur les 14 heures) consacrées à l'électromagnétisme et à l'optique géométrique, réparties de la manière suivante :

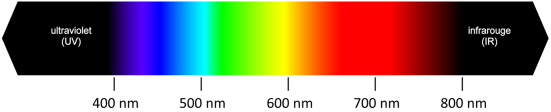
- **Séance 1** (2 heures) : Optique géométrique
- **Séance 2** (2 heures) : Électricité
- **Séance 3** (1 heure) : Électricité
- **Séance 4** (2 heures) : Magnétisme et courants alternatifs + exercices libres

Les exercices qui vous seront proposés lors de ces quatre séances sont principalement tirés des TOSS (Test d'Orientation du Secteur de la Santé) des années précédentes.

www.wooclap.com/optique

Introduction

L'optique est la branche de la physique qui a pour objet l'étude de l'émission et de la propagation de la lumière.

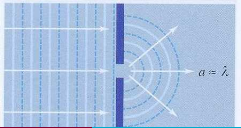


Domaine visible (longueur d'onde)

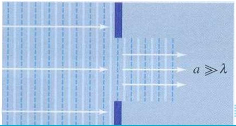
L'optique se divise en deux domaines :

- l'optique ondulatoire : étudie la propagation en la lumière en tant qu'onde (interférences, diffraction, diffusion,...) et repose sur la théorie de l'électromagnétisme
- l'optique géométrique : étudie la propagation dans un milieu transparent et homogène de la lumière en utilisant la notion de rayon lumineux et les lois empiriques de propagation rectiligne (réflexion et réfraction).

Optique ondulatoire
(phénomène de diffraction)



Optique géométrique
(propagation rectiligne)

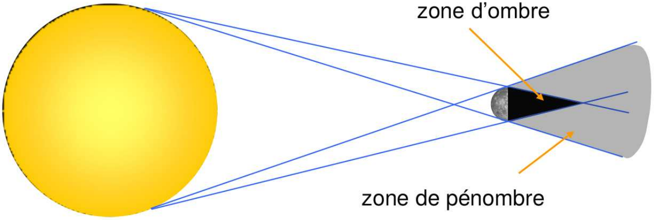


Introduction

Parmi les objets lumineux, on distingue :

- les sources ponctuelles (assimilable à un point tel qu'une étoile) et étendues
- les objets éclairés (Lunes, planètes, plan de travail,. . .)

Les sources étendues génèrent des zones d'ombre et de pénombre.



Un peu de vocabulaire ...

un corps est dit :

- transparent s'il se laisse traverser par la lumière et permet de voir nettement les objets
- translucide s'il se laisse traverser par la lumière mais ne permet pas de voir nettement les objets
- opaque s'il arrête la lumière

Un système optique est un ensemble de milieux transparents homogènes séparés par des surfaces réfléchissantes et/ou surfaces réfractantes ; il est :

- catoptrique si constitué uniquement de surfaces réfléchissantes
- dioptrique si constitué uniquement de surfaces réfractantes
- catadioptrique si constitué des deux

Lois de Snell-Descartes

La lumière frappe la surface de séparation de deux milieux transparents 1 et 2 ; l'expérience permet d'établir les lois de la réflexion et de la réfraction :

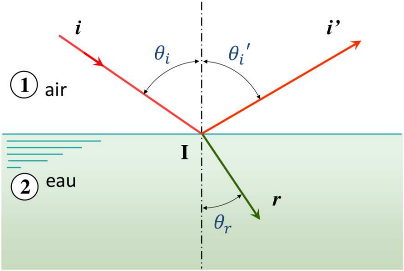
- les rayons incident, réfléchi, refracté et la normale à la surface sont dans un même plan appelé plan d'incidence.
- Loi de la réflexion :

$$\boxed{\theta_i = \theta_i'}$$

- Loi de la réfraction

$$\boxed{n_1 \sin\theta_i = n_2 \sin\theta_r}$$

où n_i représente l'indice de réfraction du milieu i



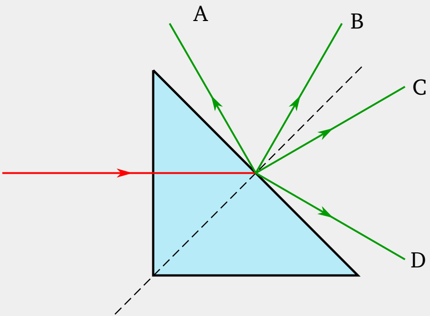
Conséquence : Si $n_2 > n_1$, alors $\theta_r < \theta_i$
En pénétrant dans un milieu d'indice de réfraction plus élevé (plus réfringent), les rayons se rapprochent de la normale.

Lois de Snell-Descartes

Exercices d'application

Exercice 121 du syllabus

Un rayon lumineux horizontal pénètre dans un prisme en verre. Le prisme est dans l'air. Quel est le rayon émergent correct (sachant que l'indice de réfraction du verre est plus élevé que celui de l'air) ?



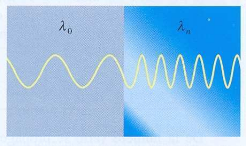
Indice de réfraction

L'indice de réfraction n_i d'un milieu i est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide c et la vitesse v_i de la lumière dans milieu :

$$n_i = \frac{c}{v_i}$$

La fréquence de l'onde dépend **uniquement** de la source. Au contraire, la vitesse dépend du matériau. Donc, si la vitesse est plus petite, la longueur d'onde doit être plus courte :

$$\lambda_n = \frac{\lambda_0}{n}$$

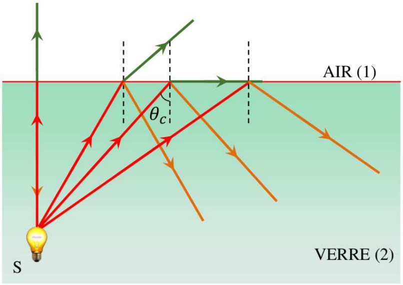


Un milieu est dit dispersif si l'indice de réfraction n dépend la longueur d'onde λ. On admet empiriquement que :

$$\boxed{n(\lambda) \propto \frac{1}{\lambda^4}} \quad \text{(loi de Cauchy)}$$

Réflexion interne totale et angle d'incidence critique

Lorsque la lumière passe d'un milieu 2 (verre par ex.) vers un milieu 1 (air par ex.) moins réfringent ($n_2 > n_1$) le rayon s'éloigne de la normale. Il existe dès lors un angle d'incidence critique (θ_c) au-delà duquel il n'y a PAS de réfraction (l'angle θ_r devient supérieur à 90°).



Pour $\theta_i = \theta_c$, le rayon réfracté est confondu avec l'interface entre les deux milieux : $\theta_r = \frac{\pi}{2}$

De la loi de la réfraction :

$$n_2 \sin \theta_c = n_1 \sin \frac{\pi}{2}$$

on en déduit

$$\boxed{\sin \theta_c = \frac{n_1}{n_2}}$$

Pour l'interface verre-air, $\theta_c = 41.8°$.
Pour $\theta_i > \theta_c$, il n'existe plus de rayon réfracté mais seulement un rayon réfléchi, c'est le phénomène de réflexion interne totale

Exercice 118 du syllabus

Parmi les propositions suivantes sur la propagation de la lumière, quelle est la seule qui est correcte ?

a. Lorsque la lumière passe d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent, l'angle de réfraction est plus petit que l'angle d'incidence.

b. Plus le milieu est réfringent plus la vitesse de la lumière dans ce milieu est faible

c. Lorsque la lumière blanche se réfracte à travers un prisme, c'est la lumière rouge qui se réfracte le plus

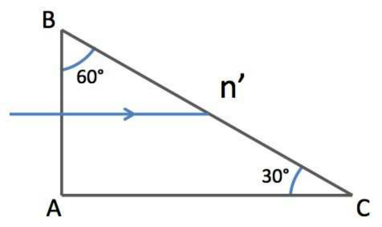
d. Il est impossible d'avoir une réflexion totale lorsque l'on passe d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent

Réflexion totale

Exercices d'application

Exercice 124 du syllabus

Un prisme de verre ABC a un indice de réfraction $n = 1.5$. Un rayon lumineux tombe perpendiculairement sur la face AB et pénètre dans le prisme. Pour qu'il y ait réflexion totale sur la face BC, que doit valoir l'indice de réfraction n' du milieu extérieur ?



Solution de l'exercice 124 du syllabus

- Formule à utiliser

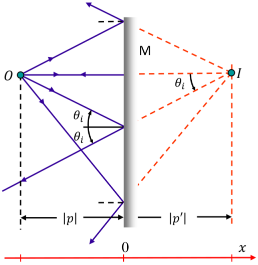
$$n_1 \sin\theta_i \ = \ n_2 \sin\theta_r$$

- Données du problème
  - $n_1 = 1.5$
  - $\theta_i \ = \ 60^\circ$
  - $\theta_r \ = \ 90^\circ$
- Réponse

$$n_2 \ = \ n_1 \frac{\sin 60^\circ}{\sin 90^\circ} \ = \ 1.5 \, \frac{\sqrt{3}}{2} \ = \ 1.3$$

Miroirs Plans

Soit une source ponctuelle de lumière en un point objet O, à une distance $|p|$ d'un miroir plan M.

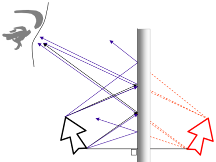


- Les rayons émanent de O et se réfléchissent sur M (selon la loi de la réflexion)
- Les prolongements des rayons réfléchis convergent au point I qui représente l'image de O par M
- Le point I est une image virtuelle et ne peut donc être captée sur un écran
- On choisit conventionnelement un axe orienté dans le sens des rayons incidents, avec une origine sur le miroir on a :

$$\boxed{p' = -p}$$

où p' représente la position de l'image I.

Si l'objet est une source étendue, il y a formation d'une image virtuelle symétrique (symétrie orthogonale) de l'objet par rapport au miroir.



- La droite et la gauche sont inversées
- On voit aussi que l'objet et l'image sont de même taille

Images réelles et virtuelles

Pour construire l'image d'un point O à travers un système optique, on doit rechercher le point de convergence I des rayons (2 au moins) issus de O ou de leur prolongement.

- Une image réelle est une image formée par l'intersection des rayons physiques issus de l'objet. Elle peut être obtenue sur un écran. Les rayons convergent sur l'image.
  Exemple : image obtenue au moyen d'un projecteur.

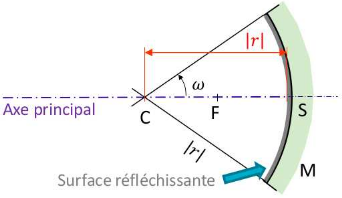
- Une image virtuelle est une image formée par l'intersection des prolongements de rayons physiques. Elle ne peut être obtenue sur un écran. Les rayons divergent de l'image.
  Exemple : image donnée par un miroir plan d'un objet physique.

Exercice 125 du syllabus

Une personne myope voit nettement les objets situés à moins de 20 cm de ses yeux. À quelle ditsance maximale d'un miroir plan doit se placer la personne pour qu'elle puisse continuer à voir nettement ?

Miroirs sphériques

Un miroir sphérique est une calottes sphérique (portion de sphère) dont on a recouvert la surface d'une couche totalement réfléchissante.



- l'angle ω représente l'angle d'ouverture et F le foyer.
- le point C représente le centre de courbure et la distance r le rayon de courbure.
- l'axe CS représente l'axe principal du miroir (le point S est le sommet de la calotte sphérique)

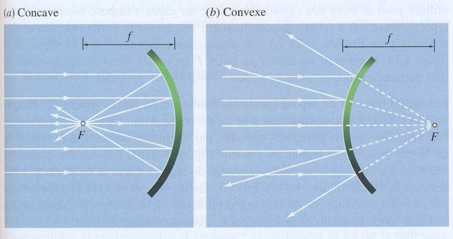
Il existe deux types de miroirs shériques :

- les miroirs sphériques concave : la surface réfléchissante se trouve à l'**intérieur** de la calotte sphérique
- les miroirs sphériques convexe : la surface réfléchissante se trouve à l'**extérieur** de la calotte sphérique.

Foyer et distance focale

Dans l'approximation des petits angles d'incidence (approximation paraxiale) :

- les rayons parallèles à l'axe optique réfléchis par un miroir concave convergent vers un point F appelé foyer réel.
- les rayons parallèles à l'axe optique réfléchis par un miroir convexe semblent diverger à partir d'un point F' appelé foyer virtuel.



La distance comprise entre le sommet du miroir S et les foyers réel (F) ou virtuel (F') est appelée distance focale du miroir et est notée f ($f < 0$ pour une foyer réel et $f > 0$ pour un foyer virtuel).

La relation, dans l'approximation paraxiale, entre la distance focale f du miroir et son rayon de courbure R est donné par la relation suivante :

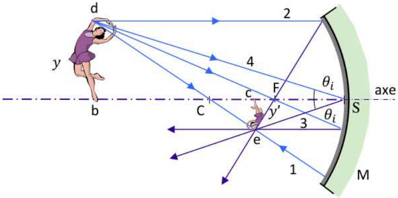
$$\boxed{f = \frac{R}{2}}$$

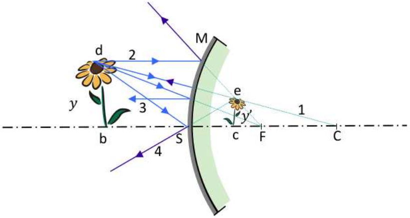
Tracé des rayons lumineux

R. Smith propose en 1735 un moyen simple qui permet de localiser l'image sans devoir faire appel à la loi de la réflexion : c'est le tracé des rayons principaux (valable uniquement dans l'approximation paraxiale).

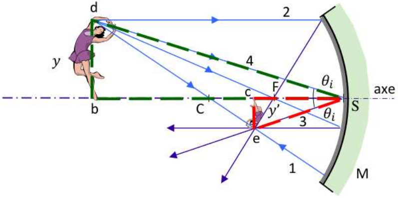
Pour déterminer la position d'une image, il suffit de tracer au moins 2 des rayons principaux suivants :

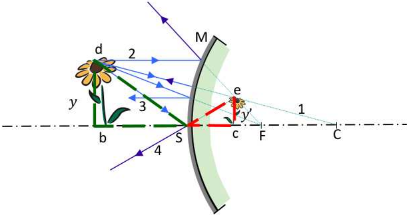
1. Tout rayon passant (ou dont le prolongement passe) par le centre de courbure C se réfléchit sur lui-même.
2. Tout rayon parallèle à l'axe principal se réfléchit en passant par le foyer F (ou son prolongement).
3. Tout rayon passant (ou dont le prolongement passe) par le foyer F se réfléchit parallèlement à l'axe principal.
4. Un rayon, issu de l'extrémité de l'objet et passant par S, délimite l'image obtenue à partir de la loi de la réflexion





Miroirs sphériques : Relation de conjugaison





$$\boxed{\frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}}$$

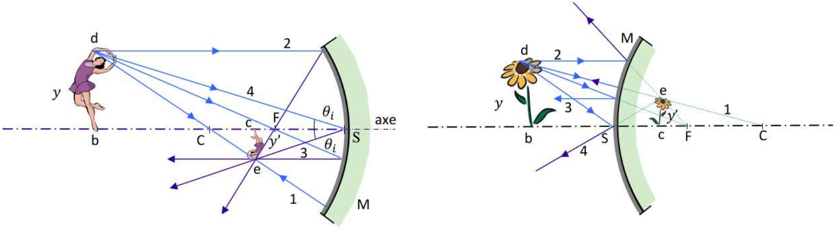
Convention de signes : les grandeurs p, p' et f sont des distances algébriques : elles sont positives lorsqu'on se situe à droite du miroir et négatives lorsqu'on se situe à gauche (Sommet S = origine du système d'axes).

Dans l'exemple du miroir convexe (exemple de droite) on a : $f > 0$, $p < 0$ et $p' > 0$.

Pour un miroir plan :

$$\frac{1}{f} = 0 \rightarrow p' = -p$$

Miroirs sphériques : Grandissement linéaire



$$\boxed{g = \frac{y'}{y} = -\frac{p'}{p}}$$

$g > 0$ pour une image droite et $g < 0$ pour une image inversée.

Pour un miroir plan :

$$p' = -p \quad \Rightarrow \quad g = 1$$

Miroirs : tableaux récapitulatifs

Miroir concave ($r < 0$ et $f < 0$) – Objet réel ($p < 0$)			
objet	**Image**	**grandissement**	**caractéristiques**
$-\infty < p < 2f$	$f > p' > 2f$	$0 > g > -1$	Im. Re renv < Objet
$2f < p < f$	$2f > p' > -\infty$	$-1 > g > -\infty$	Im. Re renv > Objet
$f < p < 0$	$+\infty > p' > 0$	$+\infty > g > 1$	Im. Vir dr > Objet

Miroir convexe ($r > 0$ et $f > 0$) – Objet réel ($p < 0$)			
objet	**Image**	**grandissement**	**caractéristiques**
$p < 0$	$f > p' > 0$	$0 < g < 1$	Im. Vir dr < Objet

Conclusions

Dans le cas d'un miroir sphérique convexe, l'image est **toujours** virtuelle. Dans le cas d'un miroir sphérique concave, l'image est virtuelle si l'objet est placé entre le foyer F et le sommet S.

Exercice 130 du syllabus

Un petit objet est placé à 60 cm d'un miroir concave de 50 cm de distance focale. De combien se déplace l'image si l'on rapproche l'objet du miroir de 1 cm ?

Exercice 131 du syllabus

Une chandelle de hauteur 1 cm est placée à 3 cm d'un miroir sphérique concave de rayon 12 cm. L'image de la chandelle :

a. est virtuelle

b. est renversée

c. a une dimension qui est 3 fois celle de la chandelle

d. se trouve du même côté que l'objet

Miroir sphérique

Exercices d'application

Solution de l'exercice 130 du syllabus

- Formule à utiliser

$$\frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f} \rightarrow p' = \frac{fp}{p-f}$$

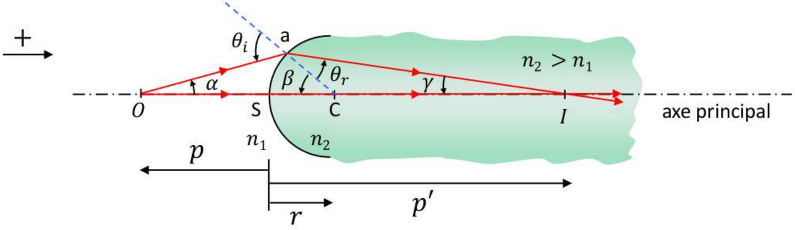
- Données du problème : $f = -50\,\mathrm{cm} = -0.5\,\mathrm{m}$

- Réponse
  - si $p = -60\,\mathrm{cm} = -0.6\,\mathrm{m} \rightarrow p' = \frac{0.5\times0.6}{-0.6+0.5} = \frac{0.3}{-0.1} = -3\,\mathrm{m}$
  - si $p = -59\,\mathrm{cm} = -0.59\,\mathrm{m} \rightarrow p' = \frac{0.5\times0.59}{-0.59+0.5} = -3.27\,\mathrm{m}$

L'image s'est donc déplacée de 27 cm !

Dioptres sphériques

Soit une surface dioptrique convexe ($r = SC > 0$) séparant deux milieux homogènes transparents d'indices de réfraction n_1 et n_2.
L'image I d'un point O s'obtient à partir de deux rayons lumineux, en appliquant la loi de la réfraction de Snell-Descartes.

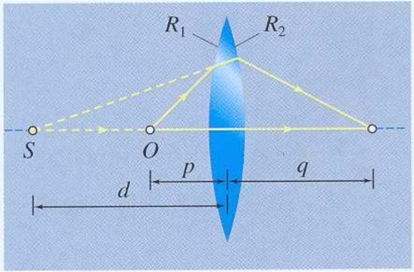


À partir des relations trigonométriques et l'approximation paraxiale, on peut démontrer la formule de conjugaison des dioptres sphériques :

$$\boxed{\frac{n_2}{p'} - \frac{n_1}{p} = \frac{n_2 - n_1}{r}}$$

Lentilles sphériques minces

Une lentille est un corps transparent homogène, limité par deux dioptres dont un est au moins sphérique.



- Recherchons l'image S d'un objet O par le premier dioptre ($d < 0$)

$$\frac{n_2}{d} - \frac{n_1}{p} = \frac{n_2 - n_1}{R_1}$$

- L'image de S par le second dioptre est donnée par :

$$\frac{n_1}{p'} - \frac{n_2}{d} = \frac{n_1 - n_2}{R_2}$$

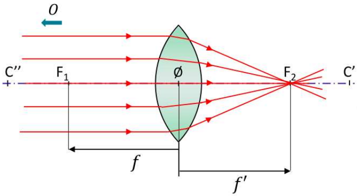
Soit une lentille, d'épaisseur négligeable, d'indice de réfraction n_2 plongée dans un milieu d'indice de réfraction n_1.

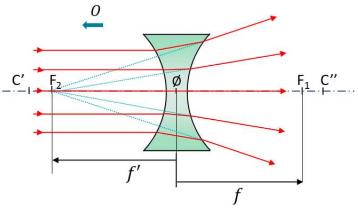
L'équation de la lentille mince (dans la théorie paraxiale) est donnée par :

$$\boxed{\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)}$$

Foyers image et objet

- L'image d'un point objet à l'infini ($p = -\infty$) sur l'axe principal est un point F_2 appelé foyer principal image de la lentille mince, la distance ΦF_2 désignant la distance focale image f'.
- Le point F_1 de l'axe principal dont l'image est à l'infini ($p' = +\infty$) est appelé foyer principal objet, la distance ΦF_1 désignant la distance focale objet f.

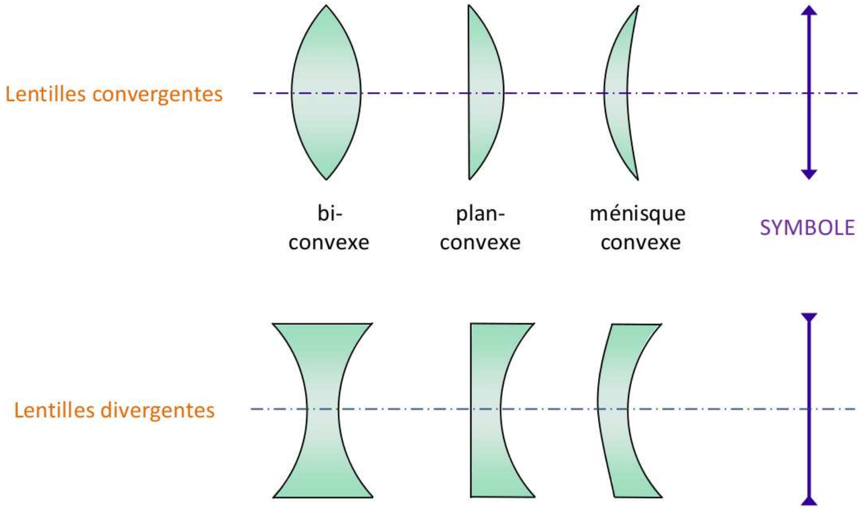




Dans une lentille mince, si les milieux extérieurs sont identiques, on a : $f = -f'$

- $f' > 0$ pour une lentille convexe (convergente)
- $f' < 0$ pour une lentille concave (divergente)

Modèles et symboles de quelques lentilles minces convergentes et divergentes



Distance focale, formule des opticiens et relation de conjugaison

Distance focale et formule des opticiens

La distance focale f est par définition la distance p' à laquelle se forme l'image d'un objet placé à l'infini ($p = -\infty$) :

$$\frac{1}{f'} = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

C'est la formule des opticiens. L'inverse de la distance focale $1/f'$ est appelé la puissance intrinsèque de la lentille (aussi appelée vergence) et se mesure en dioptrie ($1\mathrm{D} = 1\mathrm{m}^{-1}$).

Relation de conjugaison

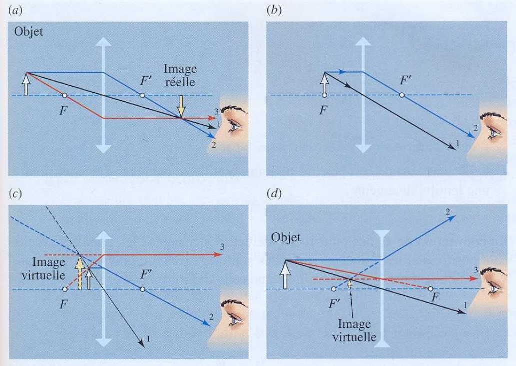
La formule des opticiens combinée à l'équation de la lentille mince permet d'aboutir à l'équation de conjugaison :

$$\boxed{\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}}$$

Convention de signes : les grandeurs p, p' et f sont des distances algébriques : elles sont positives lorsqu'on se situe à droite du miroir et négatives lorsqu'on se situe à gauche (centre de la lentille = origine du système d'axes).

Tracés des rayons principaux

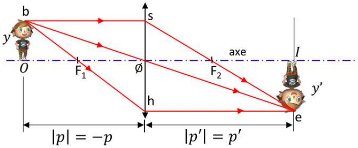
- Un rayon qui passe par le centre de la lentille n'est pas dévié.
- Un rayon parallèle à l'axe optique ressort en passant par le foyer image F' (F_2) (lentille convergente) ou semble ressortir en provenance du foyer image F' (F_2) (lentille divergente).
- Un rayon qui passe par le foyer objet F (lentille convergente) ou semble converger vers le foyer objet F (lentille divergente) ressort de la lentille parallèlement à l'axe optique.

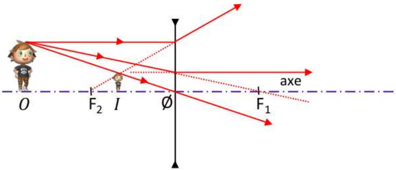


Grandissement latéral

Le Grandissement latéral est donné par la relation suivante :

$$\boxed{g = \frac{y'}{y} = \frac{p'}{p}}$$





Lentilles : tableaux récapitulatifs

Lentille convergente ($f' > 0$) – Objet réel ($p < 0$)			
objet	**Image**	**grandissement**	**caractéristiques**
$-\infty < p < -2f'$	$f' < p' < 2f'$	$0 > g > -1$	Im. Re renv < Objet
$-2f' < p < -f'$	$2f' < p' < +\infty$	$-1 > g > -\infty$	Im. Re renv > Objet
$-f' < p < 0$	$-\infty < p' < 0$	$+\infty > g > 1$	Im. Vir dr > Objet

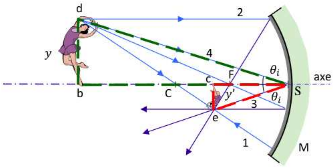
Lentille divergente ($f' < 0$) – Objet réel ($p < 0$)			
objet	**Image**	**grandissement**	**caractéristiques**
$p < 0$	$f' < p' < 0$	$0 < g < 1$	Im. Vir dr < Objet

Conclusions

Une image est réelle si elle se situe du coté opposé à celui où est situé l'objet. Une image est virtuelle si elle se situe du même coté que l'objet.

En résumé...

Miroir sphérique



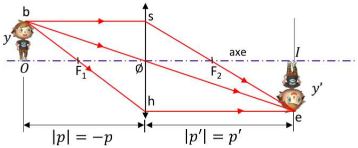
- Relation de conjugaison

$$\frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

- Grandissement linéaire

$$g = \frac{y'}{y} = -\frac{p'}{p}$$

Lentilles minces



- Relation de conjugaison

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$$

- Grandissement linéaire

$$g = \frac{y'}{y} = \frac{p'}{p}$$

ATTENTION AUX CONVENTIONS DE SIGNE !

Lentilles minces

Exercices d'application

Exercice 135 du syllabus

Une bougie de 5 cm de hauteur est placée à 25 cm d'une lentille mince divergente dont la distance focale est de 20 cm. L'image de la bougie est :

a. droite et plus petite que la bougie
b. droite et plus grande que la bougie
c. renversée et plus petite que la bougie
d. renversée et plus grande que la bougie

Exercice 139 du syllabus

Une lentille convergente de distance focale 15 cm forme l'image d'un objet placé à 20 cm du centre de la lentille parallèlement à la lentille. A quelle distance du centre de la lentille se trouve cette image ?

Exercice 137 du syllabus

On utilise une lentille mince convergente pour projeter une image agrandie sur un mur situé à 10 m. Sachant que la diapositive mesure 20 x 30 mm et que l'image devra mesurer 2 x 3 m, quelle est la distance qui sépare la lentille de la diapositive ?

Solution de l'exercice 135 du syllabus

- Formule à utiliser

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'} \rightarrow p' = \frac{f'p}{f'+p}$$

- Données du problème :
  - $f' = -20\,\mathrm{cm} = -0.2\,\mathrm{m}$
  - $p = -25\,\mathrm{cm} = -0.25\,\mathrm{m}$

- Réponse
  - $p' = \frac{-0.2\times(-)0.25}{-0.2-0.25} = -11\mathrm{cm}$
  - $g = \frac{y'}{y} = \frac{p'}{p} = \frac{-11}{-25} \rightarrow g > 0 \,\mathrm{et}\, g < 1$

L'image est droite et plus petite que la bougie

Solution de l'exercice 139 du syllabus

- Formule à utiliser

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'} \rightarrow p' = \frac{f'p}{f' + p}$$

- Données du problème :
  - $f' = 15\,\mathrm{cm} = 0.15\,\mathrm{m}$
  - $p = -20\,\mathrm{cm} = -0.2\,\mathrm{m}$
- Réponse

$$p' = \frac{0.15 \times (-)\,0.2}{0.15 - 0.2} = 60\,\mathrm{cm}$$

Solution de l'exercice 137 du syllabus

- Formule à utiliser

$$g = \frac{y'}{y} = \frac{p'}{p}$$

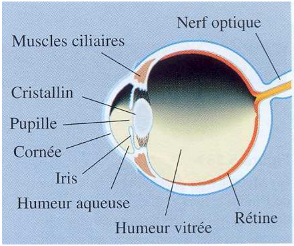
- Données du problème :
  - $g = \frac{2000}{20} = 100$
  - $p' = 10\,\mathrm{m}$

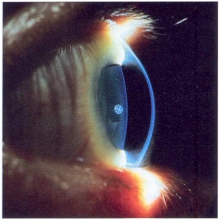
- Réponse

$$p = \frac{p'}{g} = \frac{10}{100} = 10\,\mathrm{cm}$$

L'oeil

L'oeil est un globe sphéroïdale de 25 mm de diamètre. La lumière traverse successivement : la cornée ($n = 1.376$), l'humeur aqueuse ($n = 1.336$), le cristallin et l'humeur vitrée ($n = 1.337$) pour former une image sur la rétine. Le cristallin est une lentille convergente biconvexe (diam. 9mm, épaisseur 4mm). L'indice de réfraction du cristallin varie de 1.386 (périphérie) à 1.406 (centre). La courbure du cristallin peut être modifiée sous l'action des muscles ciliaires : c'est l'accommodation.
Sans accommodation (i.e. au **repos**), l'image d'objets éloignés se forme sur la rétine pour un oeil normal. Le cristallin est diaphragmé par l'iris qui comporte une ouverture circulaire (la pupille).



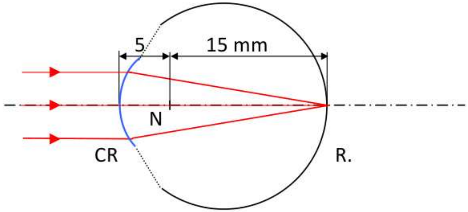


Modèle optique de l'oeil

En général, on emploie pour l'oeil le modèle suivant : une lentille mince convergente dans l'air de distance focale variable (f $=$ 15 mm pour l'oeil au **repos**). La rétine coïncide avec le plan focal de la lentille (au **repos**). Cette lentille est supposée se trouver à 5 mm derrière la cornée.

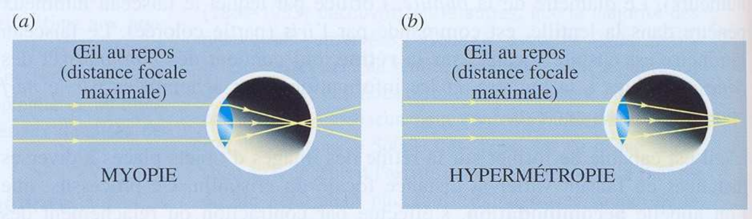
La puissance de l'oeil au **repos** est donc $\frac{1}{f} = \frac{1}{0.015} \approx 67\mathrm{D}$

- Punctum remotum (PR) : endroit où on doit placer un objet pour que son image se forme sur la rétine sans accommodation (on parle de « oeil emmétrope » quand PR est à l'infini, c'est le fonctionnement normal).
- Punctum proximum (PP) : endroit où on doit placer un objet pour que son image se forme sur la rétine avec une accommodation maximale (25 cm ou moins est normal).



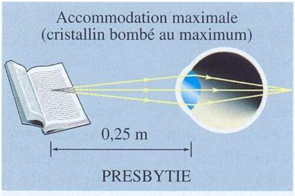
Défauts de la vue liés au PR

- Myopie :un objet placé à l'infini donne une image en avant de la rétine (oeil trop convergent)$\rightarrow$ on place une lentille divergente pour corriger.
- Hypermétropie : objet placé à l'infini donne une image en arrière de la rétine (oeil trop divergent) $\rightarrow$ on place une lentille convergente pour corriger



Défauts de la vue liés au PP

Presbytie : Malgré une accommodation maximale, l'image d'un objet situé au PP se forme en arrière de la rétine → on place une lentille convergente pour ramener le PP à 25cm.



La presbytie est due à la perte de flexilibité du cristallin et donc du pouvoir d'accommodation.

Age	Distance du PP (cm)
20	10
30	13
40	20
50	60
60	85
70	100

Exercices 142 du syllabus

Soit une personne presbyte de 70 ans dont le Punctum Proximum (PP) se situe à 100 cm. Quelle est la distance focale de la lentille qu'il faut utiliser pour le ramener à 25 cm ?

Exercices 141 du syllabus

Soit une personne myope qui ne parvient pas à distinguer nettement les objets situés à plus de 2 mètres. Pour corriger ce défaut, l'opticien lui propose des lunettes à verres divergents. Quel doit être la dioptrie de ces verres ?

Solution de l'exercices 142 du syllabus

Le PP d'une personne de 70 ans se trouve à 100 cm. Quelle est la distance focale de la lentille qu'il faut utiliser pour le ramener à 25 cm ?

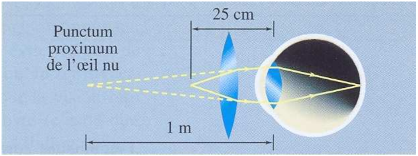
Le rôle de la lentille correctrice est de former à 100 cm une image virtuelle d'un objet situé à 25 cm. L'image formée à 100 cm deviendra un objet pour l'oeil.

Par la formule des lentilles, on peut écrire :

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$$

$$\frac{1}{(-)1\,\mathrm{m}} - \frac{1}{(-)0.25\,\mathrm{m}} = \frac{1}{f'} \rightarrow \frac{1}{f'} = -1 + 4 = 3\,\mathrm{dioptries}$$

Il s'agit donc d'une lentille convergente (car f' est positif) de + 3 dioptries.



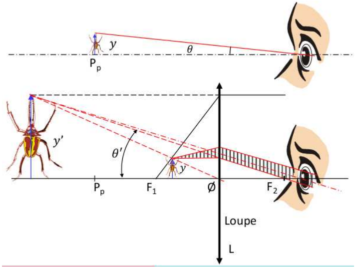
La loupe

La loupe est un système optique composé d'une seule lentille convergente. Elle permet l'observation d'une image virtuelle agrandie en avant de la lentille. Pour cela, la distance entre la lentille et l'objet doit être plus courte que la distance focale de la lentille.

- L'angle θ représente l'angle sous lequel est vu l'objet à l'oeil nu.
- L'angle θ' représente l'angle sous lequel est vu l'image virtuelle formée par la loupe.

On définit le grossissement comme :

$$G = \frac{\tan\theta'}{\tan\theta}$$



Le grossissement dépend de la position de l'objet, de la position de l'oeil et de la distance focale f de la loupe. On définit le grossissement commercial comme :

$$\boxed{G_c = \frac{0.25}{f}}$$

Cela correspond au grossissement obtenu si l'objet est placé au Punctum Proximum (PP) et si l'image se trouve à l'infini (autrement dit l'objet se trouve au foyer de la lentille).

Loupe

Grossissement commercial : démonstration

Par définition, le grossissement a pour définition :

$$G = \frac{\tan\theta'}{\tan\theta}$$

Si l'objet est placé au Punctum Proximum (PP) :

$$\tan\theta = \frac{y}{0.25}$$

Si l'image se trouve à l'infini ($p' \to \infty$) :

$$\tan\theta' \approx \frac{y'}{p'}$$

Le grossissement commercial G_c s'écrit :

$$\begin{aligned} G_c &= \frac{y'}{p'}\frac{0.25}{y} \\ &= \frac{0.25}{p'}g = \frac{0.25}{p} \\ &= \frac{0.25}{f} \quad \text{car } \frac{1}{p} = \frac{1}{f} \text{ vu que } p' \to \infty \end{aligned}$$

Exercice 136 du syllabus

Pour observer un insecte, un entomologiste utilise une loupe de 4 cm de distance focale. Lorsque l'insecte est placé à 2,5 cm de la loupe, l'image est

a. réelle et renversée

b. virtuelle et renversée

c. réelle et droite

d. virtuelle et droite