Optique géométrique et physique

Introduction :

L'optique est la science de la lumière. L'optique est divisée en trois parties : optique géométrique, Elle étudie la propagation de la lumière et la formation des images en utilisant la notion de rayon lumineux et les lois de propagation rectiligne, de réflexion et de réfraction.

L'optique ondulatoire : Elle étudie la propagation de la lumière comme une onde, subissant des phénomènes d'interférence, de diffraction, de diffusion.

L'optique quantique : Elle étudie les propriétés d'émission et d'interaction de la lumière avec les particules, les atomes et les molécules.

Chapitre I : optique géométrique

1.1 principes et lois de l'optique géométrique

Définitions :

- le rayon lumineux est la ligne suivant laquelle l'énergie lumineuse se propage.
- Un milieu est homogène s'il a les mêmes propriétés physiques en tout point.

Propriété 1 *: Principe d'indépendance des rayons lumineux :*

Lorsque deux rayons lumineux se rencontrent, ils n'interagissent pas. Un rayon lumineux ne peut être dévié par un autre rayon lumineux

Propriété 2 : *Principe de propagation rectiligne de la lumière :*

Dans un milieu transparent et homogène la lumière se propage en ligne droite.

Propriété 3 : *Principe du retour inverse de la lumière :*

Dans un milieu transparent , isotrope, homogène ou non homogène, le trajet suivi par la lumière entre deux points situés sur un même rayon lumineux est indépendant du sens de propagation de la lumière entre ces deux points.

I.2 Notions de réfringence :

Un rayon arrivant sur la frontière d'un milieu, appelée onde incidente, donne naissance à :

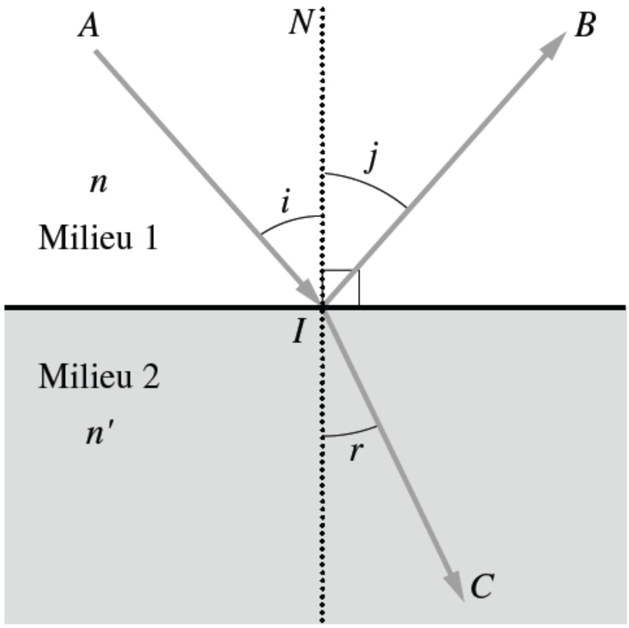
- une onde renvoyée par la frontière, appelée onde réfléchie ; cette onde se propage donc dans le même milieu que l'onde incidente, mais elle s'éloigne de la frontière ;

-une onde au-delà de 1.a frontière, dans le deuxième milieu, appelée onde transmise, qui s'éloigne elle aussi de la frontière.

Définitions :

On appelle :

- Point d'incidence I, le point de contact du rayon incident avec la surface.
- Normale à la surface, la perpendiculaire à la surface au point I
- Plan d'incidence : le plan contenant le rayon incident et la normale à la surface au point d'incidence.
- Angle d'incidence: l'angle entre le rayon incident et la normale.
- L'indice de réfraction du milieu est : $n=c/v$



1.3 Lois de Snell-Descartes, principe de Fermat et construction de Huygens

Les *lois de Snell-Descartes* établissent des relations entre les trois angles : i,j et r

1) le rayon réfléchi fait avec la normale un angle j égal à l'angle d'incidence $(i = j)$;

2) le rayon réfracté fait avec le prolongement de la normale un angle r tel que

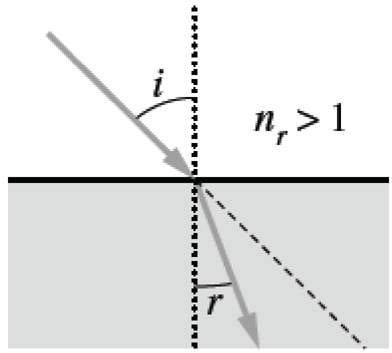
$n \sin i = n' \sin r$, où n et n' sont les indices absolus respectivement du premier et du deuxième milieu.

Soit $n_r = n'/n$

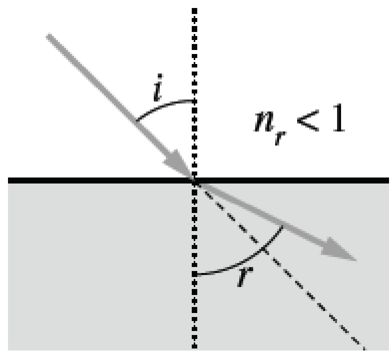
– si $n_r > 1$, soit $n' > n$, le deuxième milieu est *plus réfringent* que le premier ;

– inversement, si $n_r < 1$ soit $n' < n$, le deuxième milieu est *moins réfringent* que le premier.

Soit un rayon lumineux rencontrant un milieu plus réfringent avec un angle d'incidence i. Après réfraction, il est dévié et fait par rapport à la normale un angle r, toujours plus petit que i.



Soit un rayon lumineux rencontrant un milieu moins réfringent avec un angle d'incidence i. Après réfraction, il est dévié et fait par rapport à la normale un angle r tel que r > i.



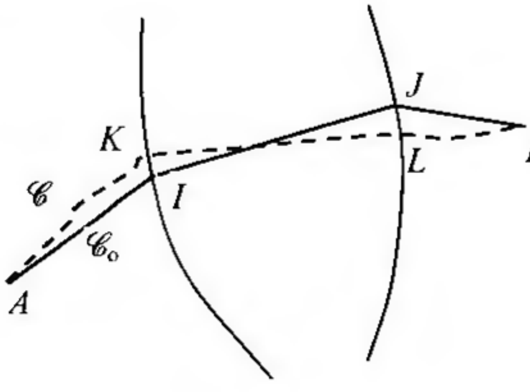
Principe de Fermat :

Supposons que la lumière est émise en un point A et aboutit à un point B, en se propageant dans des milieux homogènes (i) séparés par des surfaces, Le temps que la lumière met pour faire un trajet C est : $t_{AB} = \sum_i \frac{l_i}{v_i} = \frac{1}{c}\sum_i l_i n_i$

ou les li sont les distances parcourues dans les divers milieux (i), que traverse la lumière entre A et B le long de ce trajet, et v_i est la vitesse de la lumière correspondante.

Si on multiplie le temps de parcours t_{AB} par c, on obtient le chemin optique : $L_{AB} = \sum_i l_i n_i$

C'est la distance que parcourt la lumière dans le vide pendant le même temps. On l'obtient en multipliant la longueur de chaque segment du trajet par l'indice du milieu correspondant.



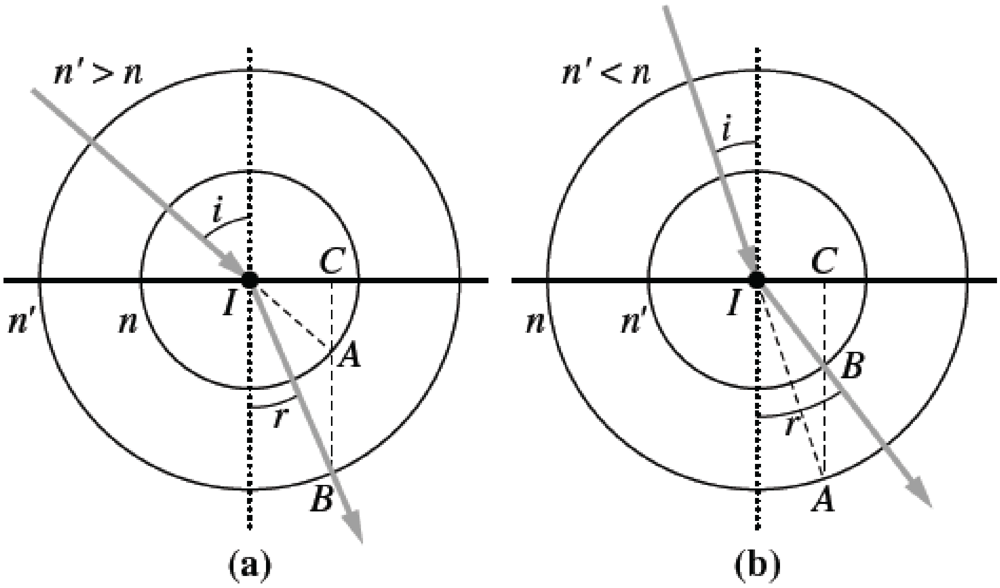
La propagation de la lumière obéit au principe de Fermat :

La lumière se propage d'un point A à un point B en suivant un chemin optique L_{AB} stationnaire.

La stationnarité du chemin effectif AlJB veut dire que, si le trajet est déformé pour devenir AKLB, en déplaçant légèrement chaque point de ce trajet la variation du chemin optique L_{AB} est nulle.

Construction de Huygens

Ou la construction du rayon réfracté. On trace deux cercles concentriques centrés au point d'incidence I, de rayons n et n'. On dessine le rayon incident qui fait un angle i par rapport à la normale à la surface de séparation en I. Son prolongement coupe le cercle de rayon n en A. En A, on mène la perpendiculaire à la surface de séparation qui coupe donc le cercle de rayon n' en B. Le rayon I B constitue le rayon réfracté.



Dans chacun des cas, dans les triangles *I AC* et *ICB*, on a sin i = *IC/IA* et sin r = *IC/IB*,

d'où :

$IC = IA \sin i = IB \sin r$

Comme par ailleurs $IA = n$ et $IB = n'$, on retrouve bien pour le rayon réfracté la loi

$$n \sin i = n' \sin r \, .$$

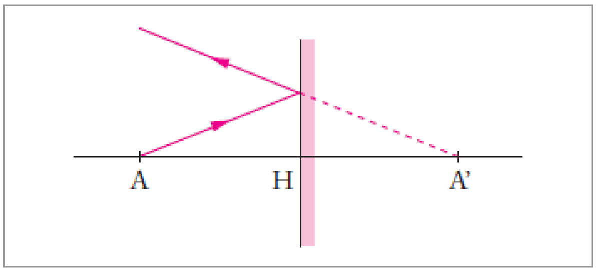
I.4 miroirs plans et miroirs sphériques

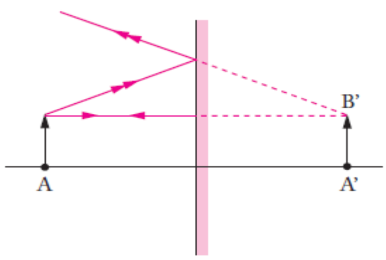
a. Miroir plan :

Définition : Un miroir est une surface réfléchissante. II peut être fait d'un métal poli au d'un matériau quelconque recouvert d'une couche réfléchissante, d'argent, d'étain ou d'aluminium.

D'après les lois de réflexion, un rayon AH, incident normalement (i=0) se réfléchit sur lui-même (i'=0). Un rayon AI, incident en I, se réfléchit suivant IR dans le plan d'incidence (plan de la figure) en formant un angle i'=i. Les prolongements des deux rayons réfléchis se rencontrent au point A', derrière le miroir et tel que les deux triangles IHA' et IHA sont égaux. Le point A' est donc symétrique de A par rapport au miroir plan. Les prolongements des rayons lumineux sont des rayons virtuels car ils ne transportent aucune énergie lumineuse et A' est une image virtuelle de l'objet réel A. Tous les rayons issus de A se réfléchissent en semblant venir du même point A'. L'image du point A est donc exactement un point symétrique de l'objet par rapport au miroir.

La relation de conjugaison du miroir plan est par suite : $\overline{AH} = \overline{HA'}$ où H est la projection de A sur le miroir



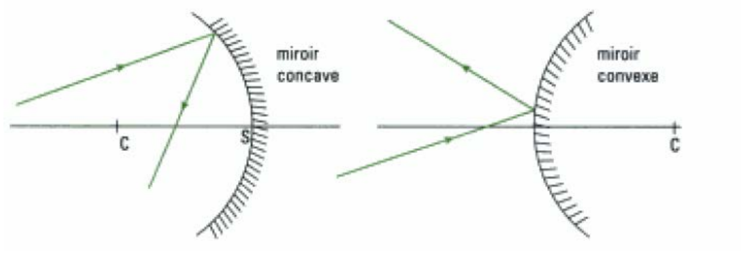


Si l'objet est étendu, chacun de ses points donne une image ponctuelle. L'image A'B' de l'objet est virtuelle ct symétrique de l'objet par rapport au miroir (Fig. 3.2a). Elle peut être observée directement par l'œil. La taille de 1'image est égale à celle de l'objet, on dit que le grandissement linéaire est égal à 1'unite ($\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = 1$).

b. Miroir sphérique :

Définition : Un miroir sphérique est une portion de sphère polie. Il est utilisé comme rétroviseurs et dans les instruments d'optique.

Un miroir sphérique est une calotte sphérique. Le centre C de la sphère est le centre du miroir, l'axe de symétrie CS est l'axe principal, que nous prenons comme axe des z, et S est le sommet (Fig. 3.4). Le miroir peut être concave ou convexe, selon qu'il réfléchit la lumière vers l'intérieur au vers l'extérieur de la sphère. Nous orientons l'axe principal vers la région située devant le miroir, dans le sens de la lumière réfléchie. Le rayon (algébrique) du miroir est R = SC et le rayon de courbure est |R|. Avec ce choix, le rayon d'un miroir concave est négatif et celui d'un miroir convexe est positif.



Considérons le rayon lumineux AI parallèle à l'axe principale et qui tombe au point I, défini par l'angle θ de CI avec l'axe principal. L'angle d'incidence et l'angle de réflexion correspondants sont : i=i'=θ

Le rayon lumineux réfléchi coupe l'axe en F dans le cas d'un miroir concave (ou semble venir de F dans le cas d'un miroir convexe). F est le foyer principal du miroir. Dans le cas d'un miroir concave, le foyer est réel. La réversibilité de la propagation de la lumière implique que la lumière issue d'une source ponctuelle en F se réfléchit parallèlement à l'axe principal ; l'image de F est alors à l'infini. Dans le cas d'un miroir convexe, le foyer est virtuel. SF est la distance focale : $f = \overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2} = \frac{R}{2}$ et la vergence V est $V = \frac{1}{f}$

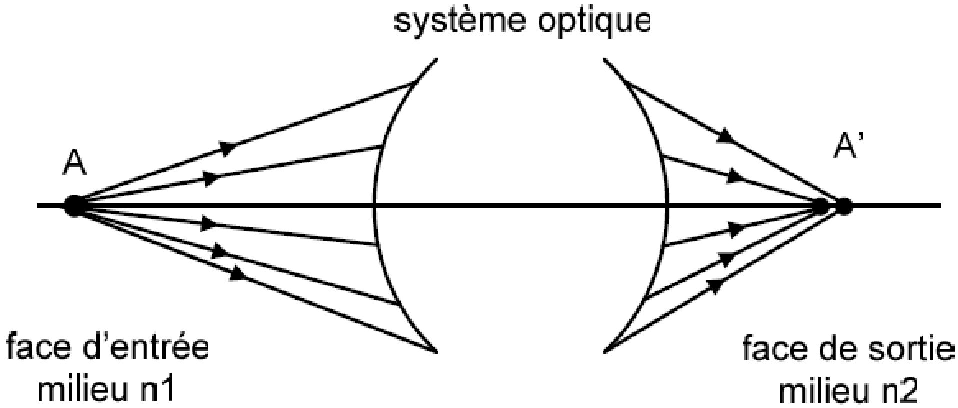
L'unité associée à la vergence est appelée dioptrie (δ) et correspond à des m^{-1}

f est négative dans le cas d'un miroir concave et positive dans le cas d'un miroir convexe. Notons que le foyer d'un miroir sphérique est à la fois foyer image et foyer objet.

Remarque : en optique géométrique, la mesure des distances est algébrisée. Le long de l'axe optique, on choisit comme sens positif le sens de propagation de la lumière (en général de la gauche vers la droite).

Tout rayon qui passe par le centre optique C n'est pas dévié.

c. Stigmatisme :



S: un système optique quelconque. A: l’objet. A': l’image de A à travers S.
On dit que A' et A sont conjugués par rapport à S.

- L'image est réelle si les rayons émergents passent effectivement par A'
- L'image est virtuelle si les prolongements des faisceaux émergents passe par A’

Un système optique est dit rigoureusement stigmatique si tout rayon passant par A passe par A' après avoir traversé le système optique (S).

Autrement dit : Un système optique S est stigmatique si tout objet A admet à travers S une image A’ unique.

d. Stigmatisme approché

Les cas de stigmatisme rigoureux sont rares, c’est pourquoi on se contente bien souvent d’un stigmatisme dit approché.

Un système optique présente un stigmatisme approché si tout rayon passant par A passe au voisinage de A' après avoir traversé le système optique (S).

Système centré: système optique ayant la symétrie de révolution autour d'un axe appelé axe optique.

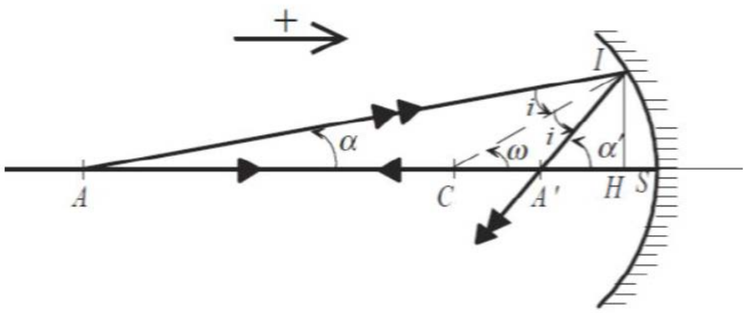
Nous ne considérerons que des systèmes optiques centrés, c’est-à-dire des systèmes pour lesquels il existe un axe de symétrie de révolution appelé axe optique. On montre alors qu’un tel instrument d’optique donnera une image de bonne qualité d’un objet si les deux conditions suivantes, dites conditions de Gauss, sont satisfaites :

- Les objets sont de faible étendue, situés au voisinage de l’axe optique.

- Les rayons lumineux incidents font un angle faible avec l’axe optique. On dit qu’il y a stigmatisme approché. Dans ces conditions, l’image d’un objet plan perpendiculaire à l’axe optique est plane et perpendiculaire à l’axe optique (aplanétisme).

e. Relation de conjugaison :

Il existe une relation entre les positions d’un objet ***A*** et de son image ***A’*** appelée relation de conjugaison.



Dans les triangles *AIC* et *A’IC* la somme des angles intérieurs doit être égale à π, soit :

$i + \alpha + (\pi - \omega) = \pi$ *et donc :* $i = \omega - \alpha$

$i + \omega + (\pi - \alpha') = \pi$ *et donc :* $i = \alpha' - \omega$

D’où la relation suivante entre α, ω et α' :

$2\,\omega = \alpha + \alpha'$

Dans les conditions de Gauss, les points *H* et *S* sont pratiquement confondus, et les angles α, ω et α' peuvent être assimilés à leurs tangentes selon :

$$\alpha = \frac{\overline{IS}}{\overline{SA}}$$

$$\alpha = \frac{\overline{IS}}{\overline{SA'}}$$

$$\omega = \frac{\overline{IS}}{\overline{SC}}$$

On obtient finalement la **relation de conjugaison du miroir sphérique avec origine au sommet S** : $\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}} = \frac{1}{f}$

Relations de conjugaison avec origine au centre C

$$\frac{1}{\overline{CA}} + \frac{1}{\overline{CA'}} = \frac{2}{\overline{CS}}$$

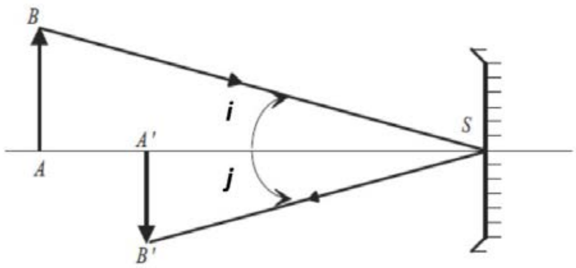
Relations de conjugaison avec origine au foyer F

$$\overline{FA}.\overline{F'A'} = \overline{FS}.\overline{F'S'} = f^2$$

f. Grandissement :

Si *AB* a pour image *A'B'*, le grandissement γ est le rapport algébrique de la taille de l'image à celle de l'objet : $\gamma = A'B'/AB$

Considérons un point objet réel *AB* situé sur l'axe optique d'un miroir concave. L'image A'B' est obtenue par le phénomène de réflexion.



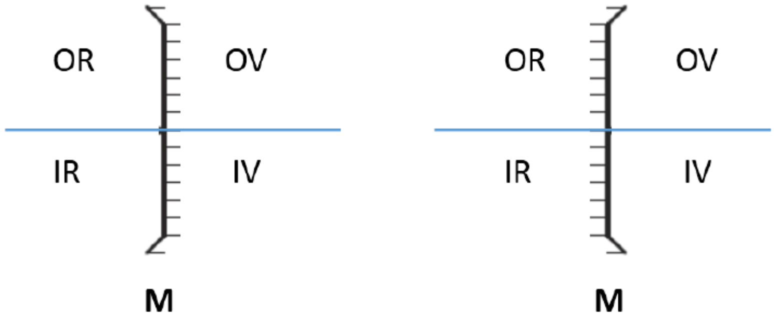
$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$$

Remarque : Les Caractéristiques de l'image :

- La position : SA'

- La nature :

- Dire si elle est réelle ou virtuelle :



- Dire si elle est droite ou renversée :

- Si $\gamma>0$: Image droite
- Si $\gamma<0$: Image renversée

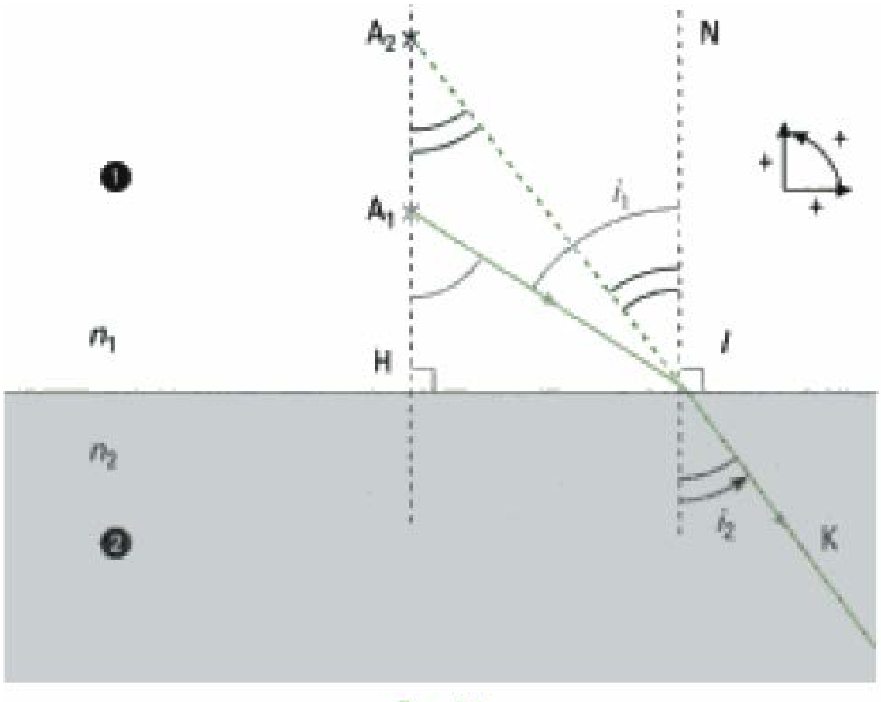
- Comparer la taille de l'image par rapport à la taille de l'objet :

- Si $|\gamma|>1$: Image agrandie
- Si $|\gamma|<1$: Image réduite
- Si $|\gamma|=1$: La taille de l'image égale la taille de l'objet

I.5. Dioptre plan et dioptre sphérique : formule de conjugaison, grandissement, notion de stigmatisme et construction d'images :

a. Dioptre plan

Un dioptre plan est une surface plane (P) séparant deux milieux d'indices n_1 et n_2. Un point objet A_1 situé dans le milieu 1d'indice n_1 envoie de la lumière sur un dioptre plan séparant le milieu 1d'un milieu 2 d'indice n_2 avec $n_1 < n_2$



L'image de A_1 est située en A_2, à l'intersection des directions A_1H et IK A_2 est donc un point image virtuel puisqu'il est situé dans l'espace objet.

La relation de conjugaison est donnée par :

$$\overline{HA_2} = \overline{HA_1}\frac{n_2}{n_1}\frac{\sqrt{1-\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \sin^2(i_1)}}{\cos(i_1)}$$

Le point H étant le projeté du point A, sur le dioptre plan, si les rayons font un petit angle avec la droite (HA_1), qui est aussi l'axe optique du dioptre plan, le dioptre plan fournit une image A_2, stigmatique approchée du Point A_1. La relation de conjugaison s'écrit alors

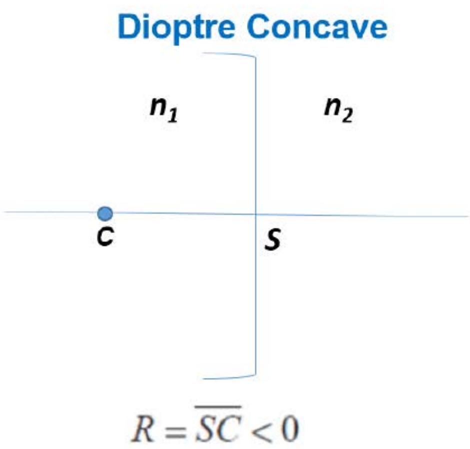
$$\overline{HA_2} = \overline{HA_1}\frac{n_2}{n_1}$$

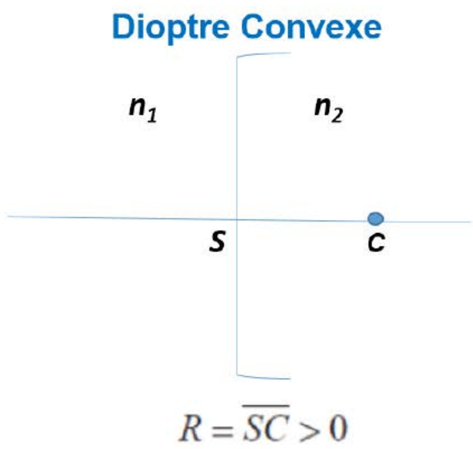
Si l'objet est réel, l'image est virtuelle est si l'objet est virtuel l'image est réelle.

b. Dioptre sphérique :

Un dioptre sphérique est une surface sphérique de centre C séparant deux milieux d'indices de réfractions différents.

Avec le même raisonnement que le miroir sphérique, on trouve la relation de conjugaison du dioptre sphérique :





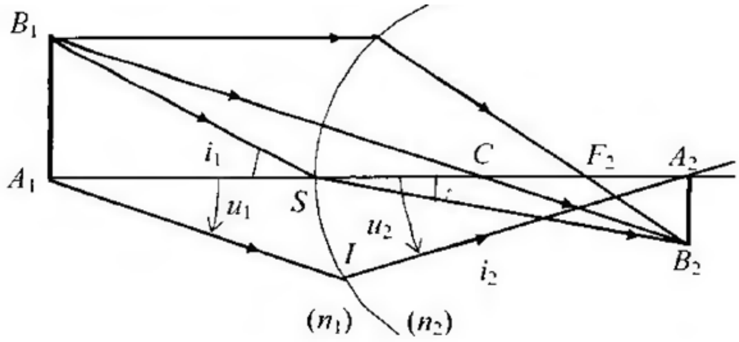
On trouve la relation de conjugaison : $\frac{n_2}{\overline{SA'}} - \frac{n_1}{\overline{SA}} = \frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}} = V$

V est la vergence ou la puissance du dioptre.

Si V > 0 : Dioptre convergent

Si V < 0 : Dioptre divergent

Le grandissement est : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{n_1}{n_2}\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$



Soit A_1B_1 un objet perpendiculaire à l'axe principal et de longueur faible, comparée au rayon R. Pour construire l'image de B_1, il suffit de tracer deux rayons particuliers : un rayon passant par C n'est pas dévié et un rayon parallèle a l'axe est dévié en passant par F_2.

I.6. Prisme : formules, déviation et dispersion

a. Définition :

Un prisme est un milieu d'indice n limité par deux surfaces planes, qui se rencontrent suivant l'arête du prisme en formant un angle A, appelé angle du prisme. Il est constitué de verre, c'est un milieu homogène, transparent et isotrope.

b. Formules et déviation

Nous désignons par i l'angle d'incidence, i' l'angle du rayon sortant avec la normale, r et r' les angles de réfraction internes et D l'angle de déviation du rayon lumineux. Cette déviation est donc la somme de deux déviations successives qui ont lieu dans le même sens, l'une à l'entrée, l'autre à la sortie du prisme, soit :

$$D = (i - r) + (i' - r')$$

D'autre part, dans le triangle *IHI'*, nous voyons que : $\pi - A + r + r' = \pi$

Soit :

$$A = r + r'$$

Ce qui entraîne :

$$D = i + i' - A$$

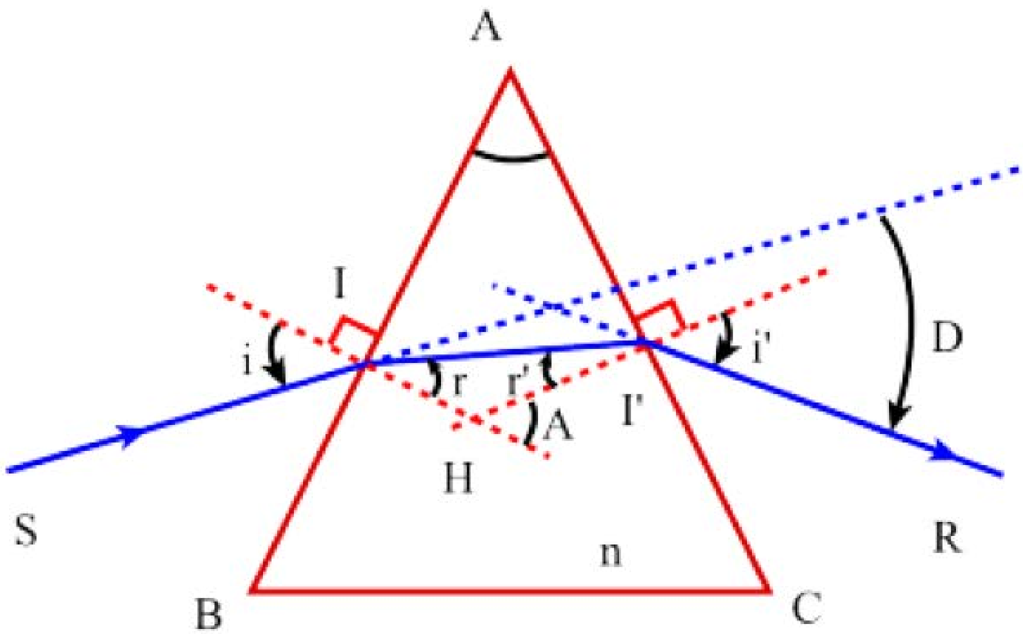
Ces angles sont liés par les relations :

$$\sin i = n \sin r$$

$$\sin i' = n \sin r'$$

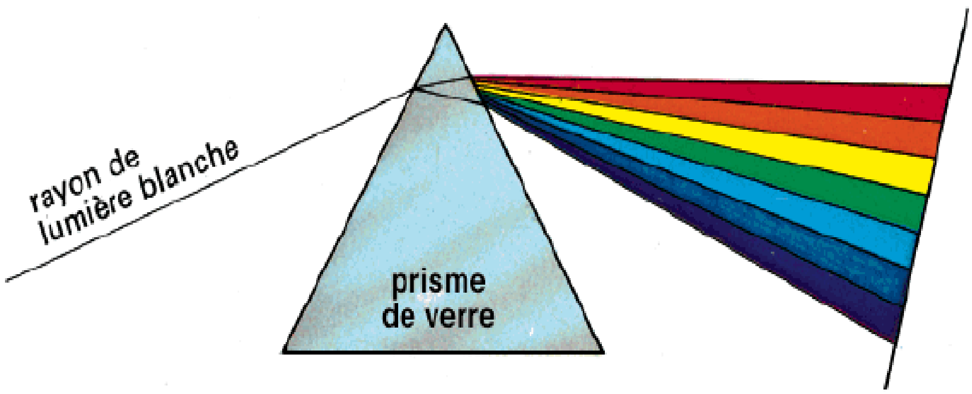
$$r + r' = A$$

$$D = i + i' - A$$



c. Dispersion :

L'indice de réfraction d'un milieu dépend de la longueur d'onde (couleur) de la lumière visible (λ=v/ν et n=c/v donc λ=c/n.ν) C'est ce que l'on appelle la dispersion. A cause de ce phénomène, un prisme disperse (décompose) une lumière blanche en ses différentes composantes. L'ensemble de ces composantes constituent le spectre de la lumière blanche (on répertorie généralement sept couleurs dominantes : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet). Nous savons, d'une part, que la déviation croît avec l'indice de réfraction, et que, d'autre part, *n* augmente quand la longueur d'onde diminue (loi de Cauchy). Cela signifie que la déviation augmente quand la longueur d'onde diminue : les radiations de courte longueur d'onde sont donc les plus déviées par le prisme (le violet est plus dévié que le rouge).

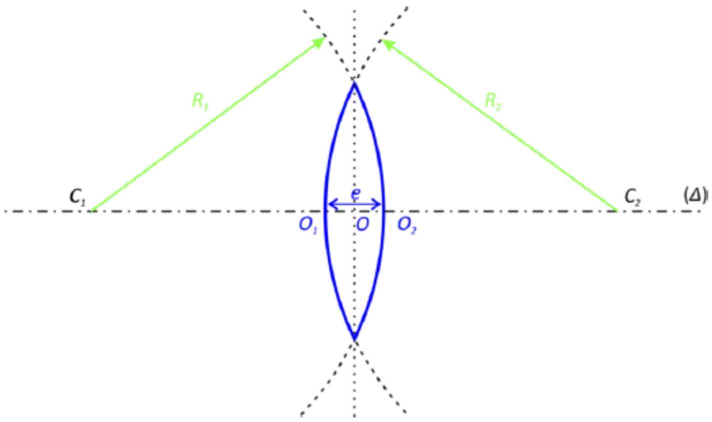


1.7. Lentilles minces :

a. définition :

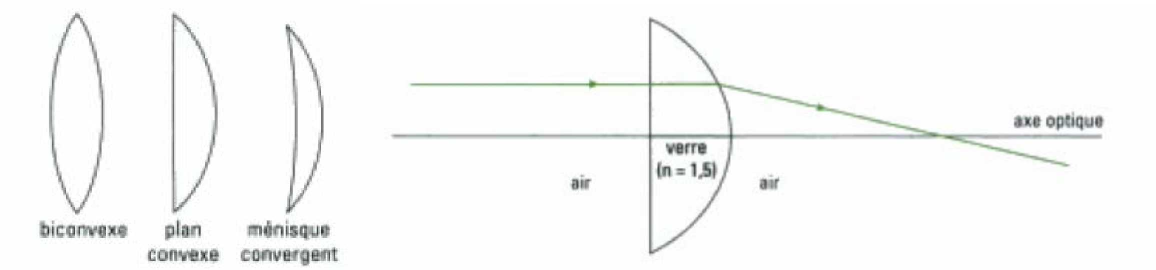
Une lentille sphérique est un milieu transparent homogène et isotrope limité par deux dioptres sphériques (de centres C_1 et C_2) ou un dioptre sphérique et un dioptre plan. L'axe de révolution (symétrie) de cette lentille est son axe optique.

La lentille est dite mince si son épaisseur $e = O_1O_2$ sur l'axe optique est petite devant les rayons R_1 et R_2 des deux dioptres sphériques. Dans ce cas, on peut confondre les intersections des deux faces avec l'axe optique en un même point O appelé centre optique de la lentille.

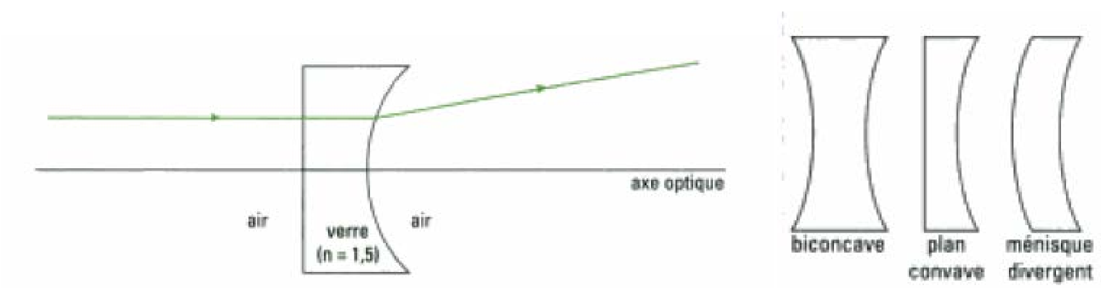


Il existe deux types des lentilles :

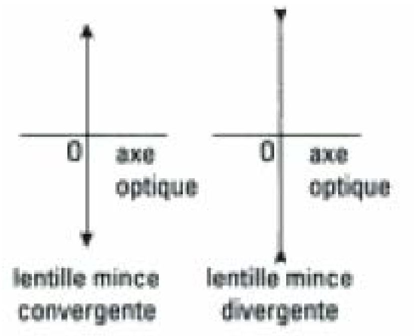
Lentilles convergentes : le rayon lumineux émergent de la lentille est dévié vers l'axe optique. Il existe 3 types de lentilles convergentes



Les lentilles divergentes : le rayon lumineux émergent de la lentille s'écarte de l'axe optique.



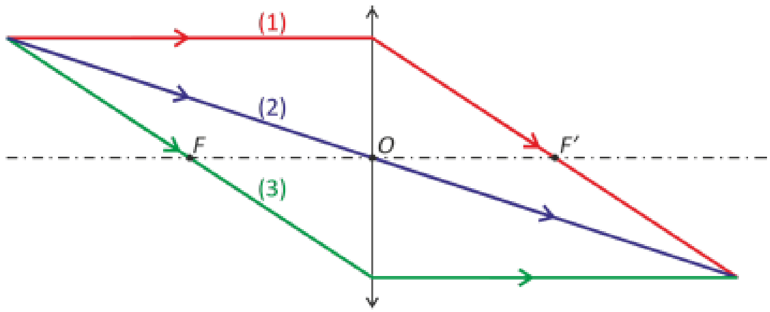
Les symboles des lentilles sont donnés par



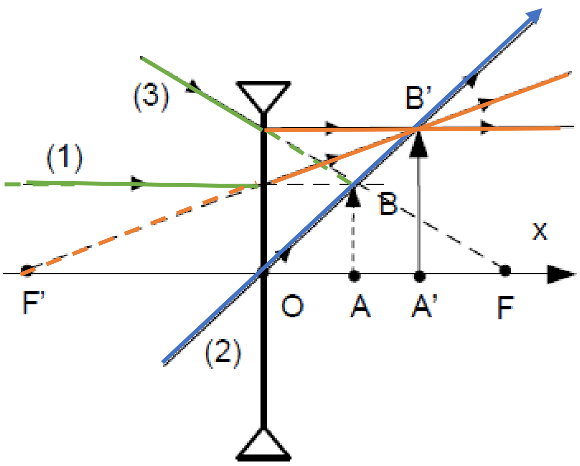
b. Construction d'images :

Après avoir traversée d'une lentille mince convergente :

• Un rayon parallèle à l'axe principal passe par le foyer principal image *F'* ;
• Un rayon passant par le centre optique *O* n'est pas dévié ;
• Un rayon passant par le foyer principal objet *F* sort de la lentille parallèlement à l'axe principal.



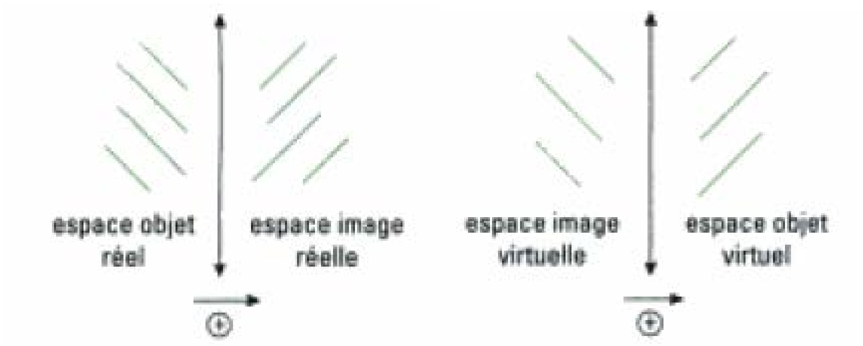
Pour une lentille divergente on a



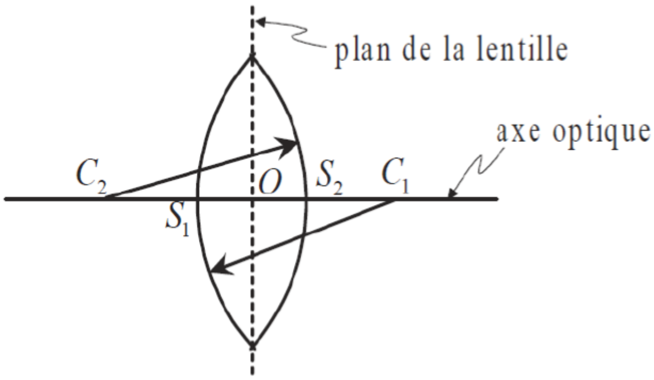
Remarques :

Les foyers sont symétriques par rapport au centre optique et sont :

- Réels pour une lentille convergente
- Virtuels pour une lentille divergente



c. Formules de position :



Dioptre 1 :

$$\frac{n}{\overline{S_1A_1}} - \frac{1}{\overline{S_1A}} = \frac{n-1}{\overline{S_1C_1}} = V_1$$

$$et \qquad \gamma_1 = \frac{1}{n}\frac{\overline{S_1A_1}}{\overline{S_1A}}$$

Dioptre 2 :

$$\frac{1}{\overline{S_2A'}} - \frac{n}{\overline{S_2A_1}} = \frac{1-n}{\overline{S_2C_2}} = V_2$$

$$et \qquad \gamma_2 = n.\frac{\overline{S_2A'}}{\overline{S_2A_1}}$$

Pour une lentille mince on a : $S_1=S_2=O$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right) = V_1 + V_2 = V$$

On obtient ainsi : $V = \frac{1}{f'} = -\frac{1}{f}$.

La formule de conjugaison est donnée par : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} = -\frac{1}{f}$

Si on pose p=OA et p'=OA' on a $\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'} = -\frac{1}{f}$

Et le grandissement $G = \gamma_1\gamma_2 = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{p'}{p} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

I.8. Instruments optiques :

a. Généralités sur les instruments optiques

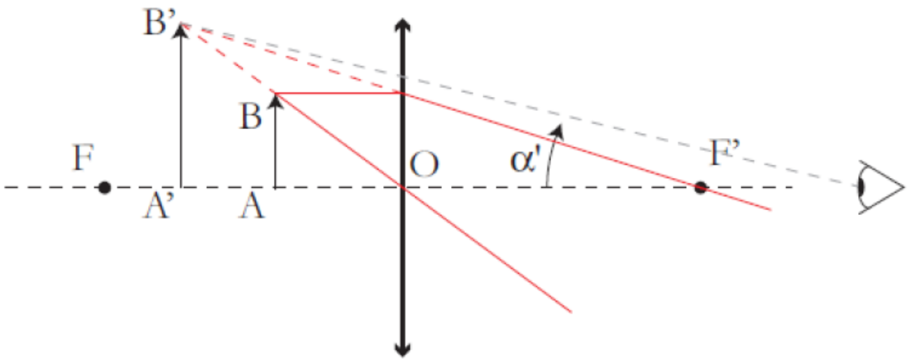
Deux types d'instrument optique :

- objectif : instrument qui produit des images réelles (vidéo-projecteur ou appareil photo).
- subjectif : instrument qui produit des images virtuelles (la loupe, le microscope, la lunette et le télescope.)

b. Puissance :

La puissance P d'un instrument est le rapport de l'angle sous lequel on voit l'image virtuelle donnée par l'instrument et de la longueur de l'objet : $P = \alpha' / AB$

Où AB est la taille algébrique de l'objet, et α' l'angle d'observation de l'image virtuelle. Cet angle varie selon la position de l'observateur. La puissance P s'exprime en dioptries, α' en radians et AB en mètres.



c. Grossissement :

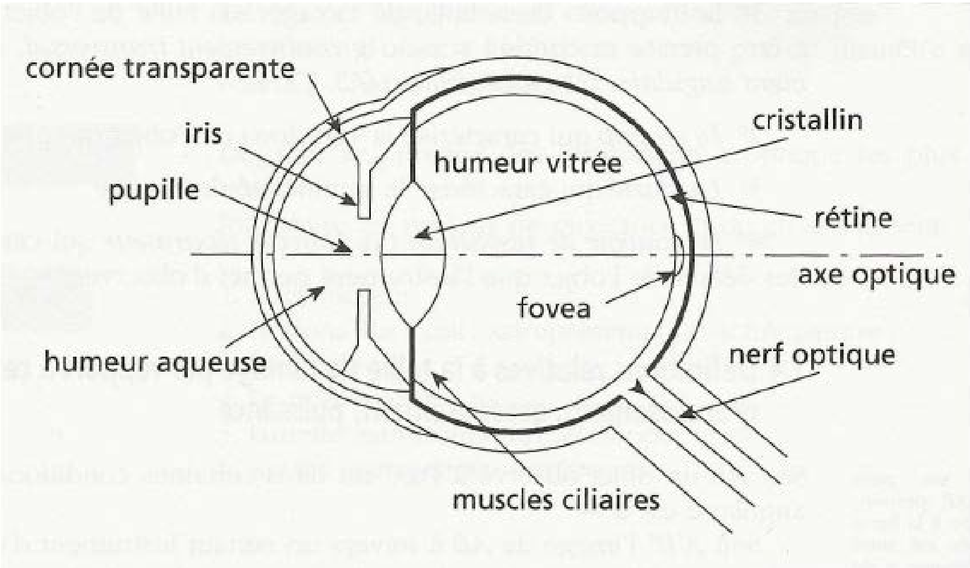
Le grossissement est le rapport entre angles apparents sous lequel on voit l'objet à l'œil nu α et sous lequel on voit l'image virtuelle α' : $G = \alpha' / \alpha$

d. œil :

Les éléments principaux :

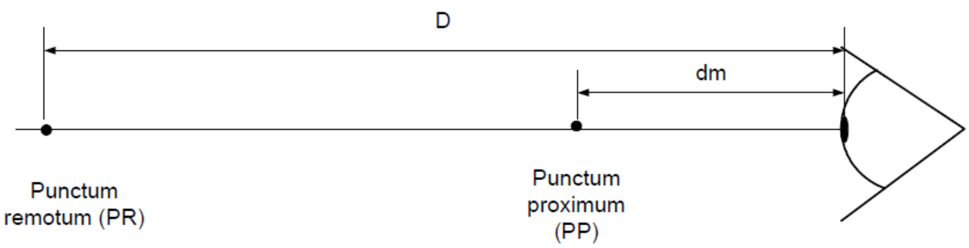
- la cornée : agit comme un dioptre sphérique.
- l'iris : agit comme un diaphragme en contrôlant la quantité de lumière entrant.
- le cristallin : agit comme une lentille convergente de focale variable.
- la rétine : écran sur lequel des cellules photosensibles transforment la lumière en influx nerveux.
- la fovéa ou tache jaune : est une partie de la rétine qui permet d'analyser l'image de manière plus fine. Elle est constituée de cellules photosensibles de diamètre ~4 mm s'étalant sur une surface de ~1mm.

- humeur vitrée : liquide transparent d'indice n ~1.4 La distance typique entre le cristallin est la rétine est de 25mm.



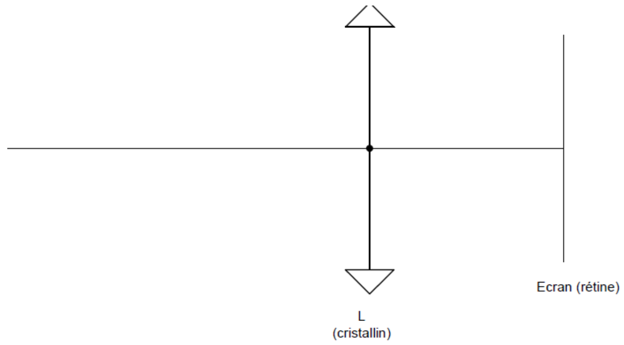
Le cristallin se déforme sous l'action de muscles ce qui permet à l'œil d'accommoder, i.e. de voir nettement les points situés à une distance donnée de l'œil.

La distance la plus faible correspond au punctum proximum (PP) noté dm. La distance la plus grande, notée D, correspond au punctum remotum (PR). Pour un œil sain adulte, dm vaut ~ 25cm et D est à l'infini.



Les défauts de l'œil :

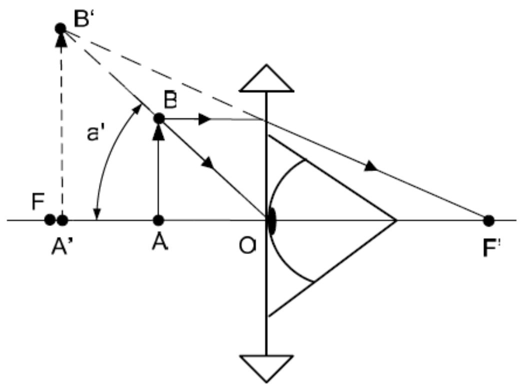
- myopie (œil myope) : lorsque le cristallin est trop convergent. Se corrige à l'aide d'une lentille divergente.
- hypermétropie (œil hypermétrope) : lorsque le cristallin n'est pas assez convergent. Se corrige à l'aide d'une lentille convergente.
- presbytie (œil presbyte) : lorsque le PP dépasse par convention 40 centimètres. Ce défaut, lié à la vieillesse, est dû à la fatigue du cristallin qui ne peut pas accommoder au maximum.
- astigmatisme (œil astigmate) : lorsque l'œil n'a pas ou plus la symétrie de révolution. Se corrige à l'aide de lentille non-sphérique.



On peut assimiler l'œil (voir Figure 30) comme un instrument composé d'une lentille mince de focale variable (le cristallin) et un écran (la rétine).

e. La loupe

La loupe est une lentille convergente destinée à observer des petits détails qui ne seraient pas décelables à l'œil nu (ou difficilement).



Pour observer l'image A'B' sans accommoder (autrement dit sans fatiguer l'oeil), il faut que cette image soit placée à l'infini. Pour cela il suffit de placer l'objet au niveau du plan focal objet de la loupe, soit AO=f ' d'où a'= AB/f' de sorte que la puissance vaut alors : $P_i = 1/f'$ dite puissance intrinsèque.

Le grossissement commercial (G_c) est la valeur particulière de G lorsque que l'on observe l'objet à l'œil nu en le plaçant au punctum proximum (dm) On a alors :

$G_c = d_m / f'$, soit également $G_c = d_m P_i$

On voit que la loupe grossie d'autant plus que la distance focale est petite.

f. Le microscope

Le microscope est constitué de l'association de deux lentilles convergentes, L_1 et L_2, la première étant appelée l'objectif de distance focale f_1' (de l'ordre du millimètre) et la dernière l'oculaire de distance focale f_2' (de l'ordre du centimètre). La distance entre F_2 et F_1' est caractéristique de l'instrument ; elle sera notée D par la suite. La distance de L_1 à l'objet peut en revanche être réglée par un système à crémaillère. Soit (A',B') l'image de (A,B) à travers la lentille L_1. L_2 donne de (A',B') une image virtuelle

(A_1B_1). Pour observer l'image (A_1B_1) avec l'œil sans accommoder, il faut qu'elle soit placée à l'infini et donc placer (A'B') sur le plan focale objet de L_2.

La puissance peut s'écrire de manière générale comme :

$$P = \left|\alpha' / \overline{AB}\right| = \left|\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \frac{\alpha'}{\overline{A'B'}}\right| = |\gamma_1| P_2$$

Où P_2 est la puissance de l'oculaire et γ_1 le grandissement de l'objectif.

La puissance intrinsèque (Pi) correspond à la puissance obtenue lorsque que l'image est à l'infini (i.e. lorsque $A'=F_2$). Par ailleurs le microscope est construit de manière à ce que $f_1' \ll D$. On établit alors les relations suivantes :

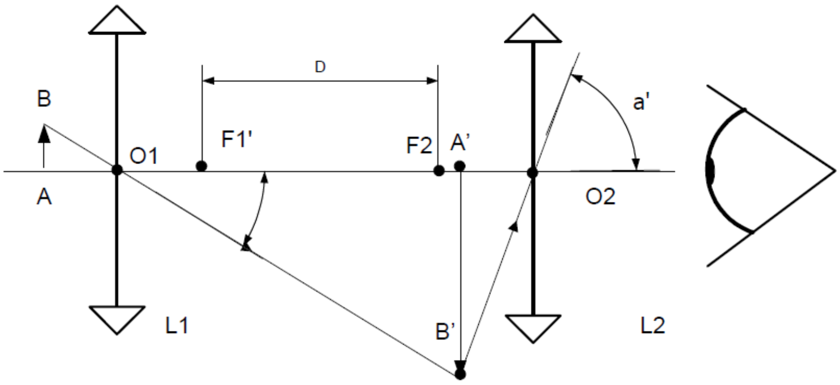
$$P_2 = 1/f_2' \quad \text{et} \quad \gamma_1 = \frac{\overline{O_1A'}}{O_1A} = \frac{f_1' + D}{O_1A} \simeq -D/f_1'$$

$$d'où \quad \mathrm{P}_i = \frac{D}{f_1' f_2'}$$

Le grossissement commercial, G_c est

$G_c = \dfrac{Dd_m}{f_1' f_2'}$ qui peut s'écrire aussi : $G_c = |\gamma_1| G_{c2}$

avec G_{c2} le grossissement commercial de l'oculaire.

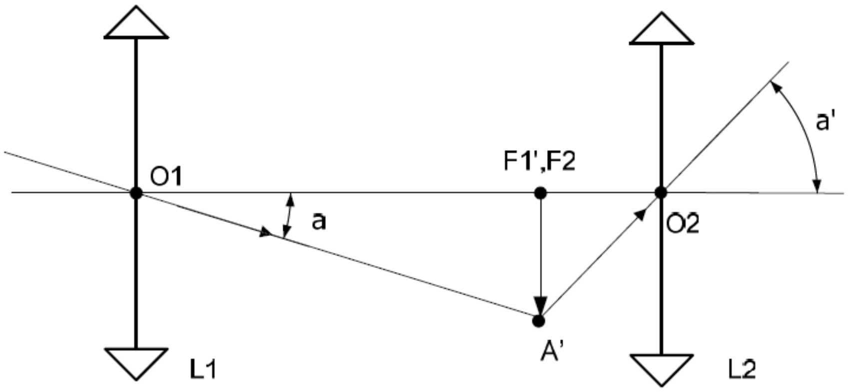


g. lunette astronomique et télescope :

Les lunettes astronomiques et les télescopes sont des instruments destinés à l'observation des objets éloignés. Une lunette astronomique à réfraction se compose d'un objectif convergent de grande distance focale (de l'ordre de quelques mètres) et un oculaire convergent de distance focale de l'ordre du centimètre. L'objet AB à observer est situé à grande distance sous un angle apparent 0, s'il est observé a l'œil nu. L'objectif lui donne une image dans son plan focal image F'_1, Pour que l'image soit observée à l'infini, il faut que le foyer image F_1' de l'objectif et le foyer objet F_2 de l'oculaire coïncident. L'image définitive est alors observée sous un angle α' et nous avons :

$$tg\alpha \simeq \alpha = \frac{F_2A_1}{f_1} \quad \text{et} \quad tg\alpha' \simeq \alpha' = \frac{F_2A_1}{f_2}$$

Le grossissement commercial de l'instrument est donc : $G_c = \frac{\alpha'}{\alpha} \approx \frac{f_1}{f_2}$



Au lieu d'utiliser des lentilles, le télescope utilise un miroir concave pour l'objectif, le plus souvent parabolique. La lumière étant simplement réfléchie et non réfractée, contrairement à ce qui se passe dans une lunette astronomique.

La lumière est ensuite focalisée au foyer image. Le faisceau convergent peut être renvoyé vers un oculaire à l'aide d'un second miroir qui est plan.