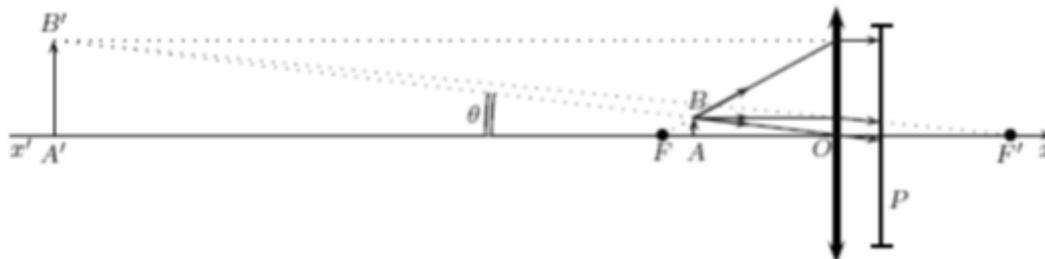


Chapitre 6 - Les instruments optiques

Définition de grossissement : Le grossissement est défini comme le rapport entre l'angle α' sous lequel est vue l'image formée par l'instrument et l'angle α sous lequel est vu l'objet à l'oeil nu : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$. C'est un paramètre qui caractérise naturellement les instruments destinés à l'observation d'objets éloignés. Si le système est afocal ($V = 0$), le grossissement est indépendant de la position de l'oeil de l'observateur : c'est le grossissement intrinsèque G_i .

I- La loupe

La loupe est un instrument de courte focale (typiquement 2 cm) qui permet d'augmenter l'angle sous lequel on voit un objet. En effet pour distinguer les détails les plus fins d'un objet, un observateur doit placer ce dernier au punctum proximum ($d_m \approx -25\text{cm}$ pour un oeil normal). Dans ce cas l'angle sous lequel il voit l'objet est maximal. La loupe est souvent constituée d'une lentille épaisse convergente au foyer objet de laquelle on place l'objet. L'image est alors à l'infini ne nécessitant pas d'effort d'accommodation.



Principe

C'est une lentille convergente d'une distance focale de quelques centimètres. On place l'oeil contre la lentille et l'objet à observer tout près du plan focal objet, entre ce plan et la loupe. L'image est virtuelle et agrandie.

Pouvoir de résolution, pouvoir séparateur :

La limite de séparation entre points, pour l'oeil nu, correspond à un écart angulaire de l'ordre de $\alpha = 3.10^{-4} \text{rd}$. Pour une observation à l'oeil nu, on pourra au mieux placer l'objet au punctum proximum de l'oeil, soit à la distance $d_m \approx 0,25\text{m}$. On distinguera des points distants de $y_0 = \alpha d_m \approx 75\mu\text{m}$. A l'aide d'une loupe de distance focale f' , si on place l'objet AB dans le plan focal objet, l'image est à l'infini et vue sous le diamètre angulaire $\theta = \frac{AB}{f'}$.

L'oeil pourra séparer les points A et B si $\theta \geq \alpha$, soit si leur distance est plus grande que $y_1 = \alpha f'$. Le rapport $G = \frac{y_0}{y_1} = \frac{d_m}{f'}$ est appelé le grossissement commercial de la loupe. On

a, en fonction de la convergence $C = 1/f'$ de la loupe, comme $d_m = 0.25\text{m}$: $G = C/4$ (C en dioptries).

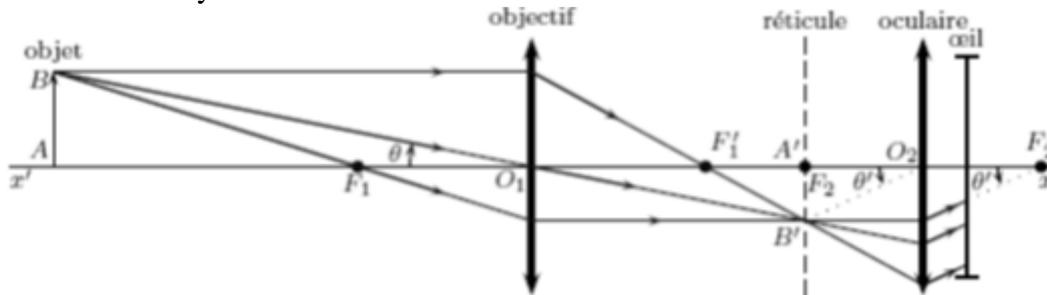
On trouve couramment des loupes de grossissement commercial jusqu'à $G = 25$ ($f' = 1\text{cm}$).

II- La lunette

Principe

Un objectif convergent, de distance focale $f'_1 = \overline{O_1F'_1}$, donne d'un objet AB une image intermédiaire A'B'. Cette image intermédiaire est observée avec un oculaire qui fonctionne en

loupe et de distance focale $f_2' = \overline{O_2F_2'}$. Le système peut comporter un réticule ou un micromètre. On peut régler la position du réticule et de l'oculaire. Pour un oeil normal, la lunette est bien réglée lorsque l'image intermédiaire $A'B'$ se trouve dans le plan du réticule et dans le plan focal objet de l'oculaire (l'image de $A'B'$ à travers l'oculaire est à l'infini). Lorsque l'objet AB est à l'infini, la lunette est réglée pour un oeil normal lorsque $F_1' = F_2$. Elle forme alors un système afocal.

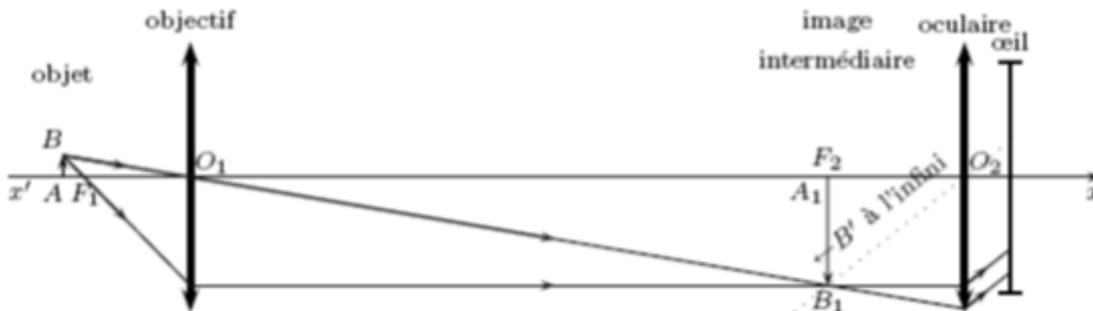


Grossissement

Le grossissement d'une lunette est le rapport $G = \left| \frac{\theta'}{\theta} \right|$ où θ est la distance angulaire sous laquelle l'objet est vu à l'oeil nu et θ' la distance angulaire sous laquelle l'objet est vu à travers l'instrument. Pour AB à l'infini on a : $\theta = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{O_1A'}} = \frac{\overline{A'B'}}{f_1'}$ (car $A' \equiv F_1'$),

$$\theta' = -\frac{\overline{A''B''}}{f_2'} \quad \text{et} \quad G = \frac{f_1'}{f_2'}$$

III- Le microscope :



Principe

Un objectif forme d'un objet réel très petit AB une image réelle A_1B_1 très agrandie. L'objectif est un système épais aplanétique pour les points conjugués A et A_1 . Cet objectif est convergent et de distance focale de quelques millimètres. On observe l'image $A'B'$ de l'objet A_1B_1 donnée par un oculaire formé de plusieurs lentilles pour corriger les aberrations chromatiques et géométriques et fonctionnant comme une loupe. Sur le schéma de principe (figure ci-dessus) l'objectif et l'oculaire sont représentés par des lentilles minces convergentes de distances focales respectives $f_1' = \overline{F_1O_1}$ et $f_2' = \overline{F_2O_2}$. Le microscope est réglé pour un oeil normal : l'image intermédiaire A_1B_1 est dans le plan focal objet de l'oculaire et on observe son image $A'B'$ à l'infini.

IV - L'Oeil

L'oeil forme sur la rétine une image des objets regardés: c'est un instrument d'optique dont il faut connaître les caractéristiques pour corriger les défauts.

1. Description sommaire

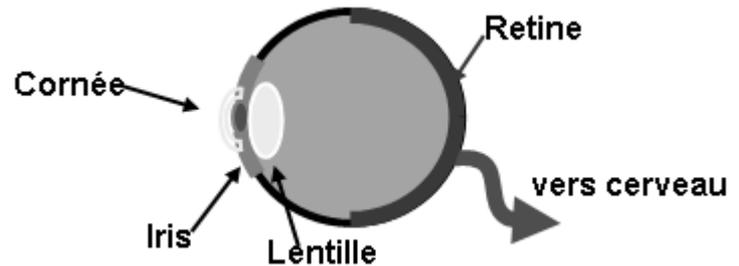
La cornée : transparente d'indice $n=1,3771$, dont les rayons de courbure antérieur et postérieur sont 7,8 mm et 6,5 mm. C'est la principale lentille de l'oeil qui assure 80% de la réfraction.

L'iris : muscle en forme d'anneau qui fait varier l'ouverture de la pupille (entre 2,5 et 7 mm). C'est un diaphragme.

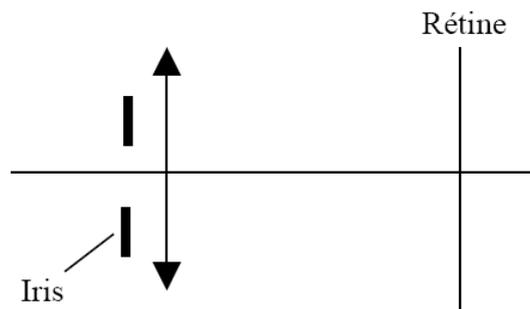
Le cristallin : lentille élastique biconvexe d'indice moyen $n=1,42$. Elle se déforme sous l'action du muscle ciliaire

Le corps vitré : liquide gélatineux d'indice $n = 1,336$

La rétine : membrane sensible aux radiations lumineuses. C'est une structure discontinue formée de cellules coniques de diamètre $4\mu\text{m}$.



2. Schéma réduit de l'oeil



3. Caractéristiques de l'oeil

Champ de l'oeil :

- En position fixe : 45° (limites de la fovéa, zone ultrasensible sur l'axe exact de l'oeil)
- Grâce à sa mobilité : 40 à 50°

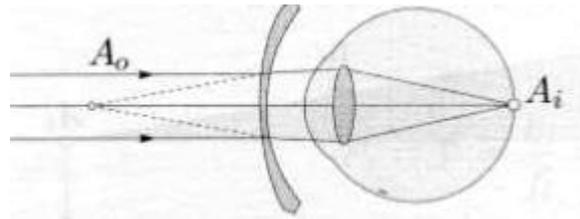
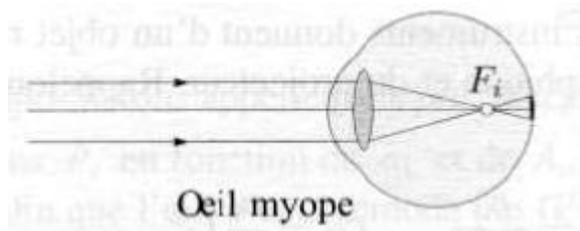
Limite de résolution : L'oeil distingue deux points dont les images sont sur deux cellules distinctes, l'espace entre deux cellules étant au minimum $\delta=4\mu\text{m}$, la limite de résolution angulaire est donc $\theta=\delta/R$, où $R \sim$ rayon de l'oeil, $\theta \cong 3.10^{-4}\text{rd}$.

L'oeil n'est pas un simple instrument d'optique, Plusieurs aspects interviennent dans son fonctionnement (vision binoculaire du relief, renversement des images, éléments psychologiques)

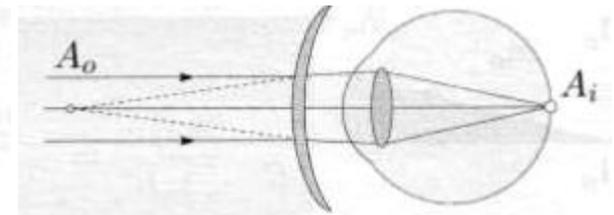
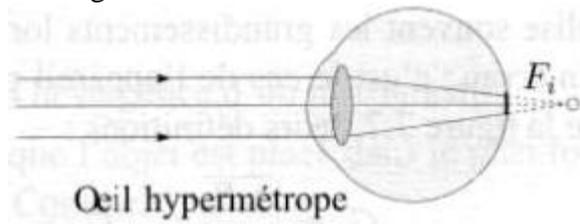
4. Les défauts de l'oeil

Les défauts les plus répandus sont la myopie, l'hypermétropie, la presbytie et l'astigmatisme.

Myopie : l'oeil est trop allongé horizontalement, en conséquence l'image d'un point à l'infini se forme avant la rétine. On corrige ce défaut à l'aide de verres ou de lentilles cornéennes divergents.



Hypermétropie : c'est le défaut « inverse » de la myopie. L'image d'un point à l'infini se forme après la rétine. On corrige donc ce défaut à l'aide de verres ou de lentilles cornéennes convergents.



Presbytie : c'est le défaut d'accommodation de l'oeil. Avec l'âge le cristallin perd de son élasticité et de l'accommodation nécessaire à la vision de près ne peut plus se faire. On corrige ce défaut par le port de verres «progressifs». La partie haute est destinée à la correction éventuelle de la vision de loin et la partie basse, destinée à la vision de prêt, est construite pour former sur la rétine l'image d'un objet situé à une cinquantaine de centimètre des yeux.

Astigmatisme : il y a astigmatisme de l'oeil lorsque celui-ci ne parvient pas à focaliser dans un même plan les images d'objets qui se trouvent dans deux directions perpendiculaires d'un même plan objet. On corrige ce défaut à l'aide de verres eux-mêmes astigmatiques, mais dont l'astigmatisme est «inverse» de celui de l'oeil, et ainsi le compense.