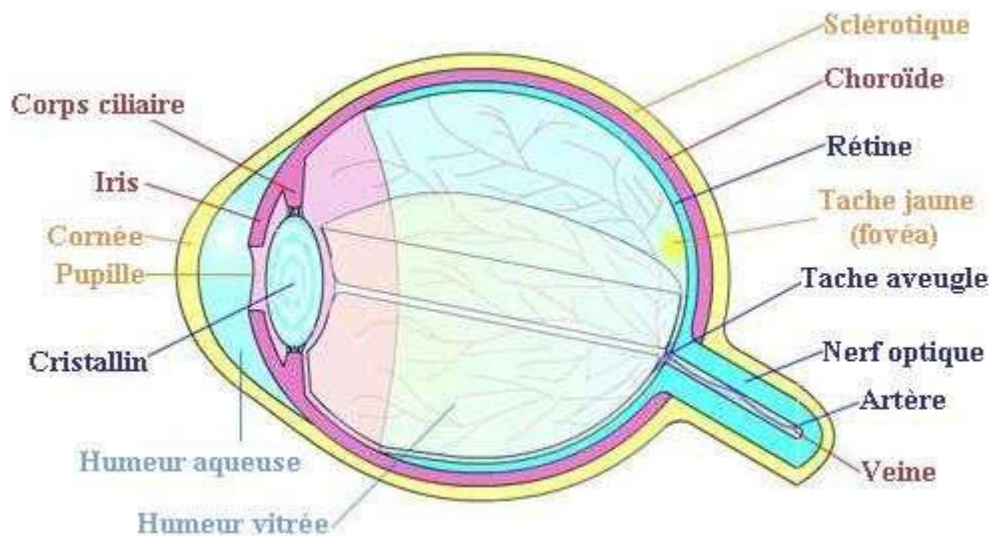


INSTRUMENTS D'OPTIQUE

L'utilisation des instruments d'optique est intimement liée à l'œil. Aussi, avant l'étude de tels instruments, il est utile d'avoir une idée sur cet organe.

1. Œil

L'œil est l'organe de la vision. Son rôle est fondamental dans l'étude de l'optique. C'est un globe de 25 mm de diamètre dont la surface en contact avec le milieu extérieur est appelée cornée. La lumière incidente est diaphragmée par la pupille (iris) qui assure les conditions de l'approximation de Gauss. Le cristallin focalise ces rayons sur une surface sensible au fond de l'œil appelée rétine. Mais c'est le cerveau qui assure l'interprétation des signes envoyés par la rétine à travers le nerf optique.



Du point de vue optique, l'œil est équivalent à un dioptre sphérique de 6 mm de rayon séparant l'air d'un milieu d'indice $n = 1.336$ (humeur vitrée). Le foyer image du dioptre est situé sur la rétine. On peut également symboliser un œil par une lentille convergente de 15 mm de distance focale baignant dans l'air (Figure V-1).

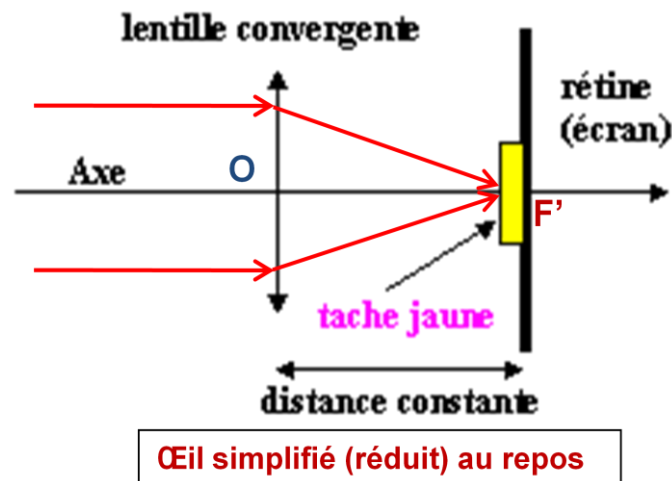


Figure V-1

Ainsi l'image d'un objet à l'infini se forme directement sur la rétine. Lorsque l'on rapproche l'objet, l'image reste sur la rétine grâce à la faculté *d'accommodation* qui résulte de la dilatation ou la contraction du cristallin. Il existe cependant une limite en deçà de laquelle la vision devient floue. Ce point appelé *punctum proximum* (P_p) est situé à une distance appelée distance minimale de vision distincte d_m et dont la valeur moyenne est de 25 cm. Le point le plus éloigné qu'un œil au repos (sans accommodation) peut voir nettement est appelé *punctum remotum* (P_r).

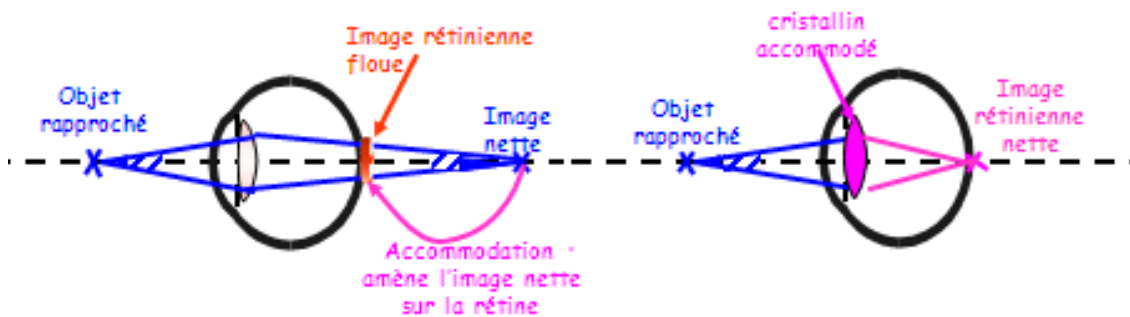


Figure V-2

Un œil est dit normal ou *emmétrope* lorsque son P_r est situé à l'infini et son P_p est situé à **25 cm** en moyenne devant l'œil.



L'œil *myope* est trop long ou trop convergent, l'image se forme en avant de la rétine, le P_p est plus petit que pour un œil normal, le P_r est situé à distance finie. Pour corriger cette amétropie on utilise des verres divergents.



Figure V-4

L'œil *hypermétrope* est trop court ou pas assez convergent. Le P_r est virtuel, le P_p est plus important que pour un œil normal. On corrige ce défaut à l'aide de verres convergents.



Figure V-5

La *presbytie* est un défaut dû à l'âge, la faculté d'accommodation diminue avec l'âge. La correction consiste à utiliser des verres progressifs ou des lentilles bifocales.

L'*astigmatisme* résulte d'irrégularité de la courbure de la cornée.

Signalons enfin que, grâce aux progrès dans la fabrication des lasers, la chirurgie moderne, peut corriger un certain nombre de ces défauts.

On appelle amplitude dioptrique la quantité suivante exprimée en dioptrie :

$$A = \frac{1}{D} - \frac{1}{d}$$

où $D = \overline{SP_r}$ et $d = \overline{SP_p}$ Elle est sensiblement la même pour des sujets de même âge quelle que soit la nature du défaut de vision. De plus A est conservée même lorsque l'on adjoint des verres à l'œil.

2. Instruments d'optique

2.1. Définition d'un instrument d'optique

Ce sont généralement des systèmes optiques centrés qui reçoivent la lumière des objets examinés dont ils donnent des images.

Pour examiner un petit objet AB à l'œil nu en observant le maximum de détail, on doit l'approcher le plus près possible de l'œil. Ainsi, le plus grand angle (diamètre apparent) sous lequel on peut voir à l'œil nu un petit objet AB est donc :

$$\alpha = \frac{AB}{d_m}$$

Cependant, l'observation rapprochée est fatigante car l'œil doit accommoder au maximum. L'observation idéale correspond à un objet éloigné (observation à l'infini). Ceci est possible grâce aux instruments d'optique.

Avant d'entamer l'étude des instruments, introduisons d'abord la notion de limite de résolution de l'œil. C'est la plus petite valeur que puisse prendre l'angle sous lequel deux objets sont vus depuis l'œil et perçus distinctement par lui. Cette limite est en moyen de ℓ' . Le pouvoir séparateur ou acuité visuelle est l'inverse de la limite de résolution.

2.2. Latitude de mise au point

On appelle latitude de mise au point la quantité $\ell = \overline{A_r A_p}$ correspondant à l'intervalle dans lequel doit être installé l'objet pour être vu nettement par un observateur à travers un instrument d'optique, A_r et A_p étant les conjugués de P_r et P_p à travers l'instrument. On montre que :

$$\ell = f'^2 A$$

3. Loupe

Une loupe est une lentille convergente mince ou épaisse de faible distance focale. Elle sert à augmenter le pouvoir séparateur de l'œil.

Considérons un objet AB que l'on voit à l'œil nu sous un angle α (Figure V-6 (a)) ; après interposition de la lentille, il est vu sous un angle plus grand α' (Figure V-6 (b)). Le rapport :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

est appelé grossissement de la loupe.

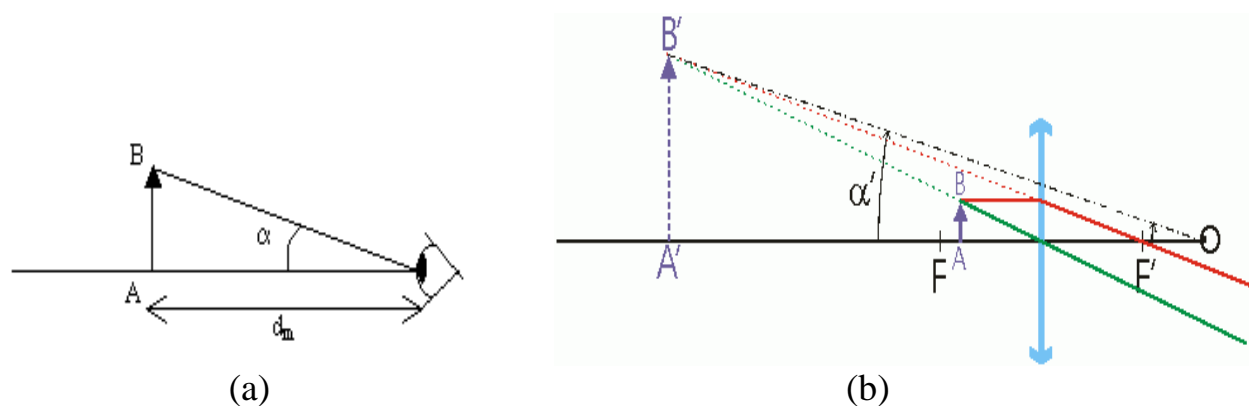


Figure V-6

Lorsque l'objet est situé sur le plan focal objet de la lentille, son image est rejetée à l'infini, on appelle puissance intrinsèque la quantité :

$$P_i = \frac{\alpha'}{AB} = \frac{1}{f'}$$

C'est donc la vergence du système optique. G s'écrit alors :

$$G = \frac{d_m}{f'}$$

Comme signalé auparavant, d_m est fixée conventionnellement à 0.25 cm. G est alors appelé grossissement commercial.

La valeur de G est de l'ordre de 25 pour les meilleures loupes ; pour atteindre des grossissements importants, on utilise des microscopes.

4. Microscope

C'est un instrument qui sert à l'examen d'objets très petits. Il est composé (Figure V-7) de deux systèmes convergents. Le premier, d'une distance focale faible, appelé *objectif* donne d'un objet réel AB une image agrandie, réelle aussi, A'B'. Cette image est examinée à travers le second système appelé *oculaire* qui en donne une image virtuelle très agrandie A''B''. L'objectif et l'oculaire sont généralement représentés par deux lentilles convergentes ; le microscope est alors dit *réduit*.

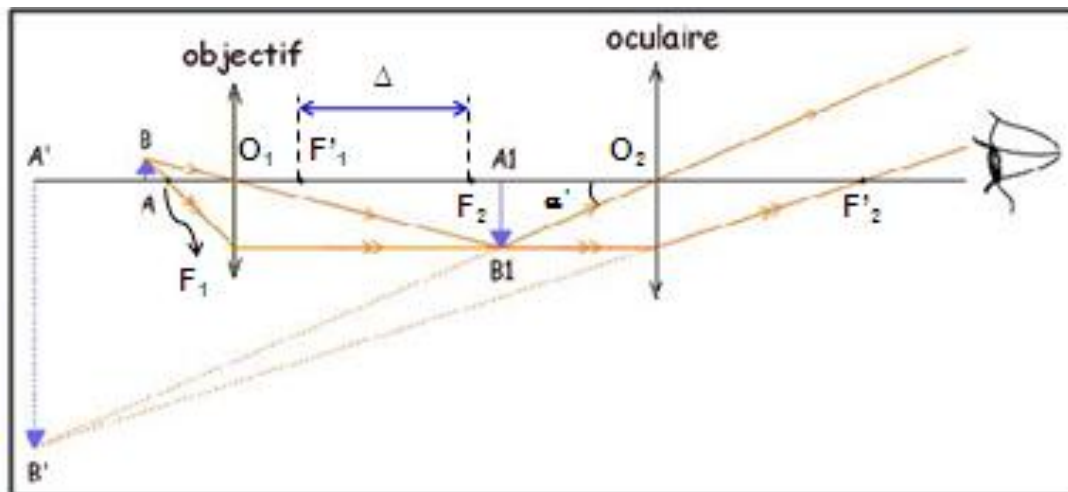


Figure V-7

On appelle puissance du microscope la quantité :

$$P = \frac{\alpha'}{AB} = \frac{\alpha'}{A'B'} \frac{A'B'}{AB} = P_{oc} \gamma_{ob}$$

P_{oc} est la puissance de l'oculaire et γ_{ob} est le grandissement linéaire de l'objectif.

Le grossissement commercial du microscope s'écrit :

$$G_c = \frac{P}{4}$$

On appelle pouvoir séparateur du microscope l'inverse du plus petit angle sous lequel peuvent être vus distinctement, à travers le microscope, deux objets très petits et très rapprochés. Dans le cadre de l'optique géométrique il n'y a pas de limite à la valeur du pouvoir séparateur mais les phénomènes de diffraction qui apparaissent pour les ouvertures faibles du diaphragme affectent le stigmatisme de l'instrument.

5. Lunette astronomique

Elle sert à l'examen des astres (objets situés à l'infini). Elle est composée d'un objectif convergent de grande distance focale et d'un oculaire de courte distance focale. Il est évident que pour une vision non fatigante le système doit être afocal (Figure V-8).

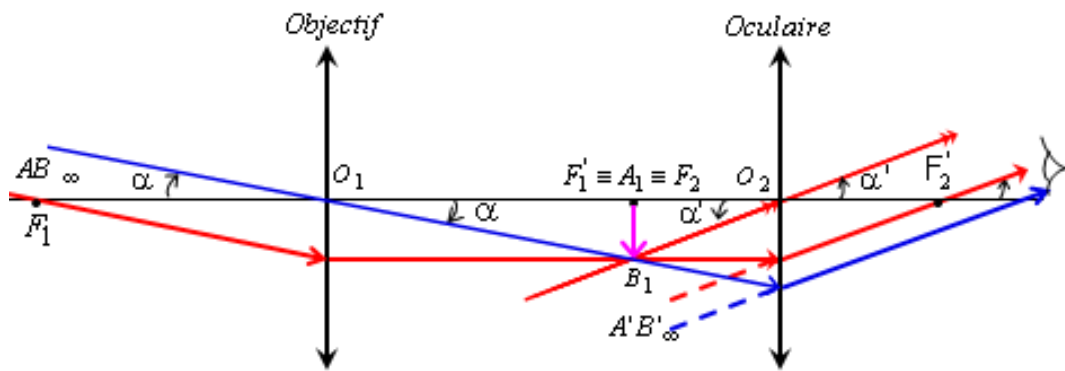


Figure V-8

On montre que le grossissement d'une telle lunette s'écrit :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_1'}{f_2'}$$