

Fig. 5-11

6- L'ŒIL :

L'œil est l'organe principal du système visuel, il capte les images et les transforme en signal électrique. Ce signal est ensuite transporté par le nerf optique vers le cerveau où il est « traduit » au niveau du cortex visuel, qui nous renvoie l'image traitée et permet ainsi l'interprétation de notre environnement.

6-1 ANATOMIE DE L'ŒIL :

L'œil est un globe d'environ 25mm de diamètre qui pèse approximativement 8 grammes.

Il est composé d'une multitude d'organes :

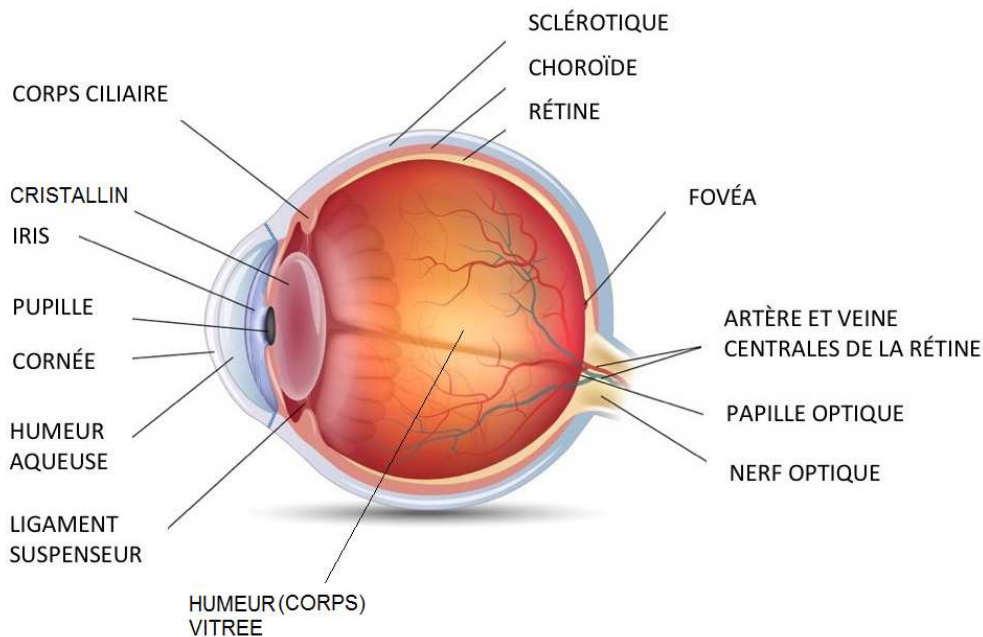


Fig. 6-1

La sclérotique, ou **sclère**, est une membrane blanche, opaque et très résistante. Elle forme le "blanc" de l'œil. Elle est limitée à l'avant de l'œil par la cornée.

La cornée est un tissu transparent situé sur la partie antérieure de l'œil, elle a la forme d'une lentille sphérique (convexe-concave) qui transmet la lumière au cristallin. Elle n'est pas vascularisée (ce qui explique qu'elle ne saigne pas), mais est très innervée.

La choroïde : c'est un tissu du globe oculaire, richement vascularisé qui recouvre l'intérieur de la sclérotique. C'est la membrane nourricière de l'œil. Elle se transforme en avant de l'œil en muscle ciliaire. Ce dernier se transforme à l'avant de l'œil en iris et en ligaments suspenseurs du cristallin. L'iris est un muscle qui a la forme d'un disque qui comporte un trou en son centre que l'on appelle la pupille et qui laisse passer la lumière vers le cristallin. Le diamètre de la pupille varie selon l'intensité de la lumière (2-8 mm).

Le corps ciliaire : c'est la partie antérieure de la choroïde, sur lequel est attaché le cristallin grâce à une série de ligaments. Il joue un rôle fondamental dans la sécrétion de l'humeur aqueuse et l'accommodation de la vision.

Le cristallin : Le cristallin est une lentille non homogène et élastique d'épaisseur variable et de diamètre 10 mm constituée de couches. Son indice de réfraction varie entre 1,35 sur les bords à 1,42 sur l'axe. Son élasticité est primordiale dans le mécanisme de la vision.

L'iris : est une membrane en forme de disque perforée en son centre. Il constitue la partie colorée de l'œil. Le trou en son centre appelé la pupille laisse passer la lumière vers le cristallin. Le diamètre de la pupille varie selon l'intensité de la lumière (2-8 mm).

L'humeur aqueuse : c'est un liquide transparent d'indice de réfraction $n=1,336$. Elle remplit la chambre antérieure de l'œil (espace entre la cornée et le cristallin). Elle apporte les nutriments destinés à la cornée et au cristallin et a aussi pour rôle de maintenir la pression intraoculaire et la forme du globe oculaire.

L'humeur (le corps) vitrée : c'est une substance transparente et gélatineuse d'indice de réfraction 1,336 et qui remplit la chambre postérieure de l'œil.

La rétine est une mince membrane qui recouvre une grande partie de la surface interne du globe oculaire. Sensible à la lumière, elle est composée de cellules photosensibles (cônes et bâtonnets) et de neurones qui transmettent les signaux électriques au cerveau. La rétine centrale contient la **macula** et la **fovéa**. Elle est vascularisée par l'**artère et la veine centrales** de la rétine.

- les **cônes**, principalement situés dans la rétine centrale (macula), sont responsables de la vision des couleurs, des formes des détails, et sont associés à la vision de jour.
- les **bâtonnets**, principalement situés dans la rétine périphérique, sont beaucoup plus sensibles à la lumière, responsables de la vision des contours et des mouvements, et sont associés à la vision en basse luminosité.

Le nerf optique : Il débute au niveau de la **papille optique** et permet d'envoyer les informations visuelles de la rétine au cerveau.

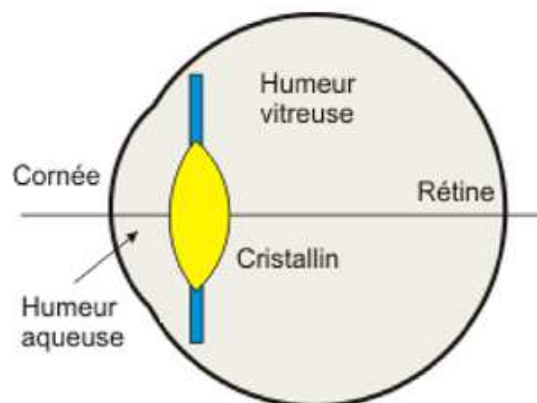


Fig. 6-2

D'un point de vue optique, les organes de l'œil qui sont impliqués dans la formation des images sont : la cornée, le cristallin, l'humeur aqueuse, l'humeur vitrée et la rétine.

6-2 TRAJECTOIRE DE LA LUMIERE DANS L'ŒIL ET FORMATION DE L'IMAGE :

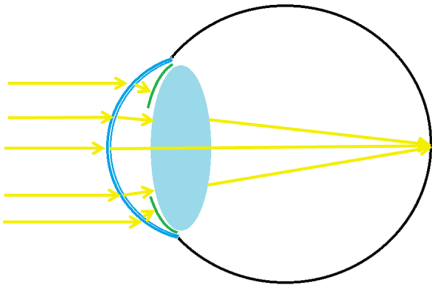


Fig. 6-3

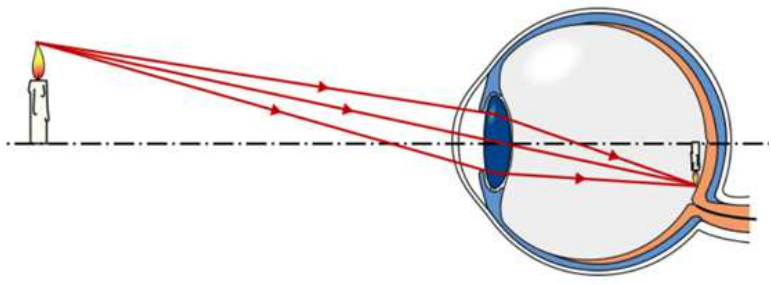


Fig. 6-4

Les rayons de lumière traversent d'abord la cornée qui les fait converger une première fois. Ensuite ces rayons traversent l'humeur aqueuse. Une partie de ces rayons est arrêtée par l'iris alors que l'autre partie pénètre par la pupille et traverse le cristallin. Ce dernier fait converger les rayons une dernière fois. Les rayons traversent ensuite l'humeur vitrée pour enfin arriver à la rétine.

Pour que l'image soit nette, il faut qu'elle soit formée sur la rétine, sinon elle sera floue. C.-à-d. que si on a un point objet et pour que son image soit nette, il faut que tous les rayons issus de ce point objet convergent en un seul point situé sur la rétine. Si ces rayons convergent avant ou après la rétine alors il y aura formation d'une tache sur cette dernière et l'image sera floue.

6-3 MODELES REDUITS DE L'ŒIL :

L'œil est un système optique composé de plusieurs éléments. On peut le considérer comme étant composé de quatre dioptries sphériques (air-cornée, cornée-humeur aqueuse, humeur aqueuse-cristallin et cristallin-humeur vitrée) ou bien composé de deux lentilles (cornée et cristallin) qui sont entourées de différents milieux (air, humeur aqueuse et humeur vitrée). Ceci rend l'étude de l'œil d'un point de vue optique assez complexe. Pour simplifier les choses, on peut remplacer l'œil par des systèmes optiques qui lui sont équivalents, mais beaucoup plus simples. Ces systèmes optiques équivalents sont le modèle réduit du dioptré sphérique et le modèle simplifié de la lentille.

6.3.1 Modèle réduit du dioptré sphérique :

Ce modèle est constitué d'un dioptré sphérique convexe et d'un écran. Le dioptré sépare l'air d'un milieu dont l'indice de réfraction est égal à 1,336. Il joue le rôle de la cornée et du cristallin. L'écran joue le rôle de la rétine. La distance dioptré sphérique-rétine \overline{SR} est égale à 23 mm. Le rayon de courbure \overline{SC} du dioptré est variable.

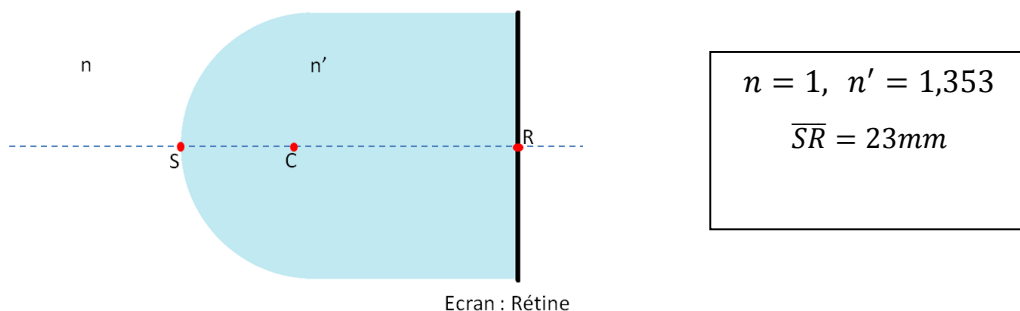


Fig. 6-5

- Lorsque l'œil est emmétrope (normal) et au repos :

$$\overline{SC} = 6mm$$

$$\overline{SF'} = \overline{SR} = 23mm, \quad \overline{SF} = -17mm$$

6.3.2 Modèle simplifié de la lentille :

Ce modèle est constitué d'une lentille convergente et d'un écran séparés d'une distance de 17 mm. La distance focale de la lentille est variable.

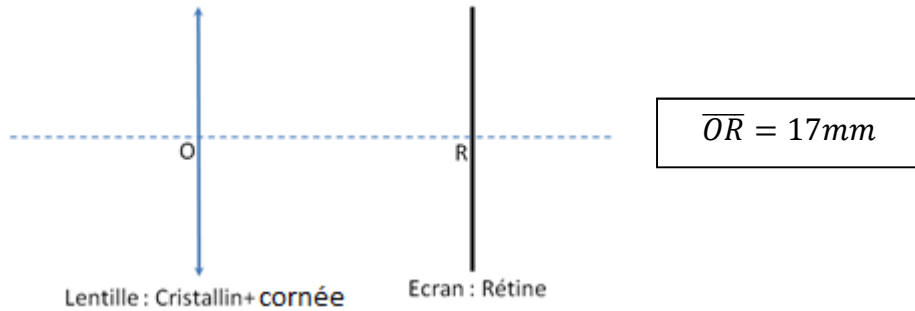


Fig. 6-6

- Lorsque l'œil est emmétrope (normal) et au repos :

$$\overline{OF'} = \overline{OR} = 17mm$$

6-4 P_R , P_P ET CHAMP DE VISION :

- Le Punctum Remotum (P_R) d'un œil est le point le plus éloigné que peut voir l'œil nettement. Le P_R est réel s'il est situé dans l'espace objet, sinon, il est virtuel.
- Le Punctum Proximum (P_P) est le point le plus proche que peut voir l'œil nettement.
- Le champ de vision est l'intervalle $[P_R; P_P]$. Il détermine les différentes positions où la vision est nette. En dehors de cet intervalle la vision est floue.

6-4-1 CHAMP DE VISION D'UN ŒIL EMMETROPE (NORMAL, SANS DEFAULT) :

$$\begin{cases} \overline{SP_R} \rightarrow -\infty \\ \overline{OP_R} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \overline{SP_P} = -20cm \\ \overline{OP_P} = -20cm \end{cases}$$

Champ de vision : $] -\infty; -20cm]$.

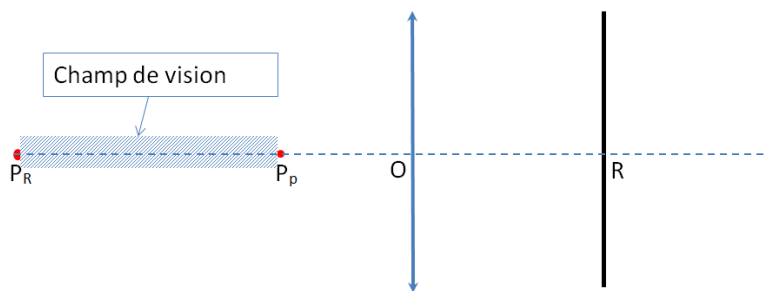


Fig. 6-7

6-6 ACCOMMODATION :

Supposons que l'on a une lentille convergente derrière laquelle on a placé un écran sur la position de son foyer image F' .

D'après la relation (5-3) on a :

$$\overline{OA'} = \frac{1}{v + \frac{1}{\overline{OA}}} \quad (6-1)$$

Donc : $\begin{cases} \text{si } \overline{OA} \uparrow \text{ alors } \overline{OA'} \uparrow & \text{et si } \overline{OA} \downarrow \text{ alors } \overline{OA'} \downarrow \\ \text{si } v \uparrow \text{ alors } \overline{OA'} \downarrow & \text{et si } v \downarrow \text{ alors } \overline{OA'} \uparrow \end{cases}$

Lorsque l'objet est situé à l'infini, son image est située sur le foyer image F' donc sur l'écran. Fig. (6-8)

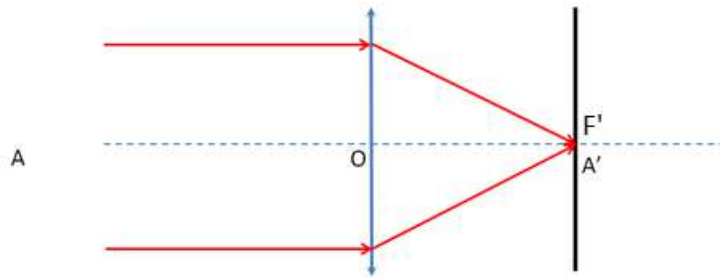


Fig. (6-8)

Si l'objet se rapproche de la lentille alors son image va s'éloigner de sa position initiale et sera située derrière l'écran. Sur l'écran on recueillera une image floue de l'objet sous la forme d'une petite tache. Fig. (6-9).

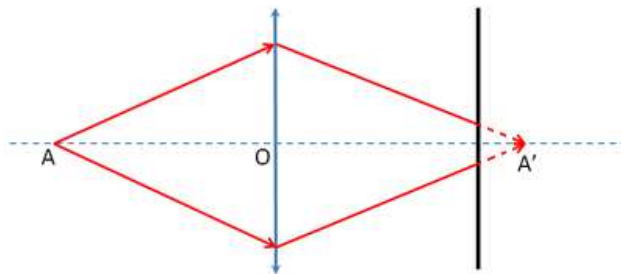


Fig. (6-9).

Si l'objet se rapproche encore de la lentille alors son image va s'éloigner plus de sa position initiale. Sur l'écran on recueillera une image plus floue de l'objet et la tache est plus grande. Fig. (6-9).

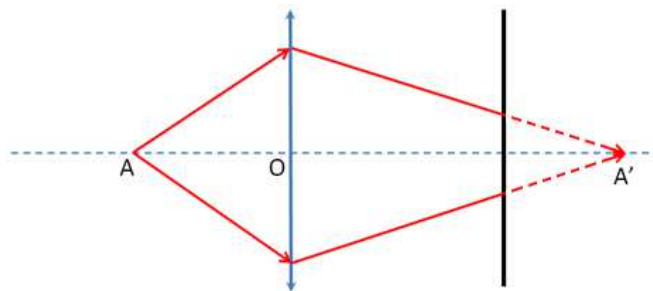


Fig. (6-10)

Considérons maintenant l'œil que l'on assimilera à une lentille convergente.

Lorsque l'objet est sur le P_R , son image est située sur la rétine.

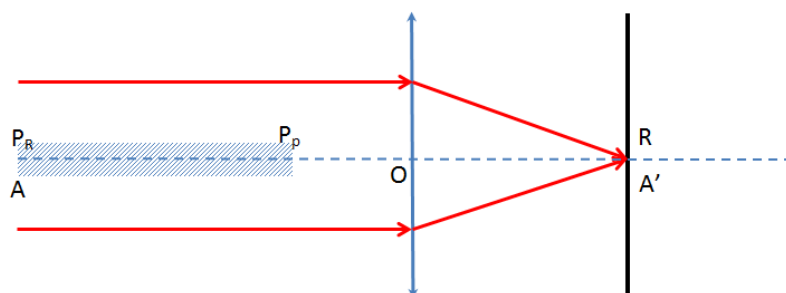


Fig.(6-11)

Lorsque l'objet se rapproche de l'œil mais qu'il reste toujours dans le champ de vision, l'image est toujours sur la rétine.

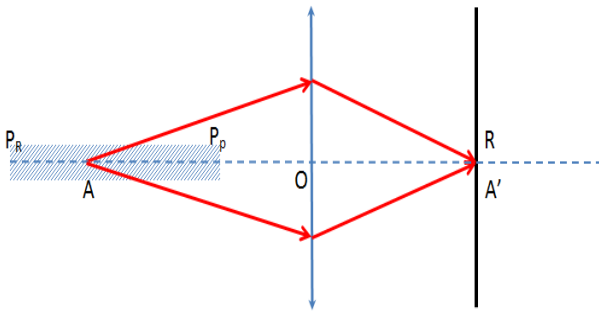


Fig. (6-13)

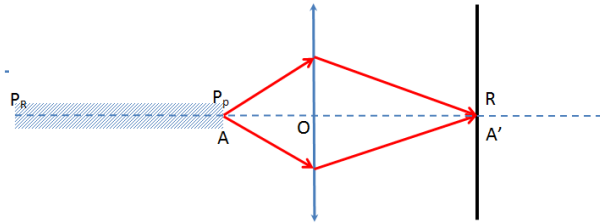


Fig. (6-13)

Lorsque l'objet se rapproche encore plus de l'œil et qu'il se trouve entre le P_p et l'œil, son image se situe derrière la rétine.

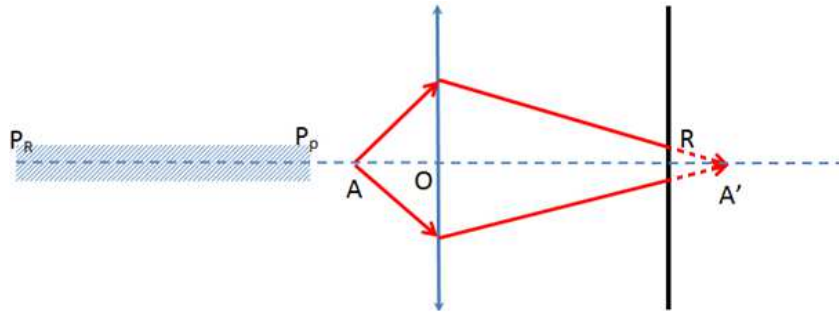


Fig. (6-14)

En résumé, lorsque l'objet est à l'intérieur du champ de vision de l'œil, et quelle que soit sa position à l'intérieur de cet intervalle, son image est toujours sur la rétine. Lorsqu'il est en dehors du champ de vision, son image est soit avant soit après la rétine, selon qu'il est situé respectivement plus loin que le P_R ou entre le P_p et l'œil.

Pour garder l'image toujours sur la rétine lorsque l'objet se déplace dans le champ de vision, l'œil modifie sa vergence en changeant les rayons de courbure de son cristallin. Ceci est obtenu par une pression que le muscle ciliaire exerce sur le cristallin. Lorsque l'objet est situé sur le P_R, l'œil est au repos, le cristallin ne subit aucune pression. Lorsque l'objet se rapproche du P_p le cristallin change de rayons de courbures sous la pression grandissante du muscle ciliaire. La diminution des rayons de courbure du cristallin engendre une augmentation de la vergence de ce dernier de telle manière que la position de l'image soit toujours sur la rétine. Lorsque l'objet est sur le P_p, la pression exercée sur le cristallin est maximale, de même que sa vergence. Si l'objet est entre le P_p et l'œil, la vergence ne peut plus augmenter et l'image est située derrière la rétine.

Ce processus est appelé l'accommodation. Figures : 6-15, 6-16, 6-17, 6-18.

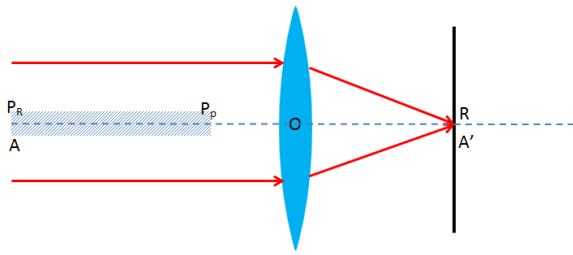


Fig. (6-15)

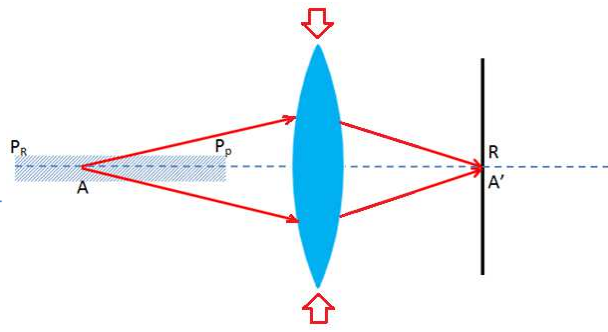


Fig. (6-16)

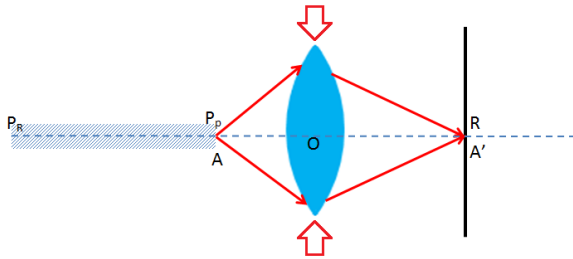


Fig. (6-17)

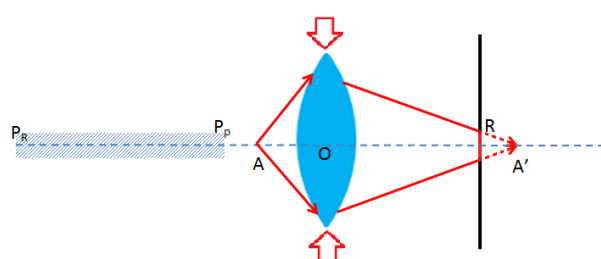


Fig. (6-18)

D'après (6-1), pour garder l'image sur la rétine lorsque l'objet se déplace, il faut faire varier la vergence de l'œil.

Si : $\overline{OA} \uparrow$ il faut que $\nu \uparrow$ pour que : $\overline{OA'} = cste.$

Si : $\overline{OA} \downarrow$ il faut que $\nu \downarrow$ pour que : $\overline{OA'} = cste.$

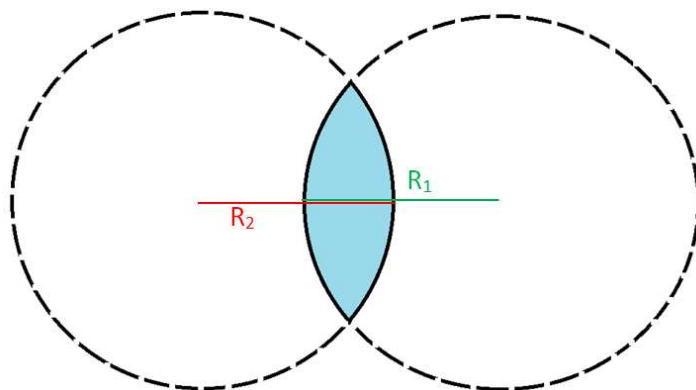
$$\nu = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] \quad (6-2)$$

D'après (6-2) on a :

si R_1 et $R_2 \uparrow$, alors : $\nu \downarrow$.

si R_1 et $R_2 \downarrow$, alors : $\nu \uparrow$.

Donc pour garder l'image de l'objet sur la rétine, l'œil fait varier les rayons de courbures de son cristallin en accommodant.



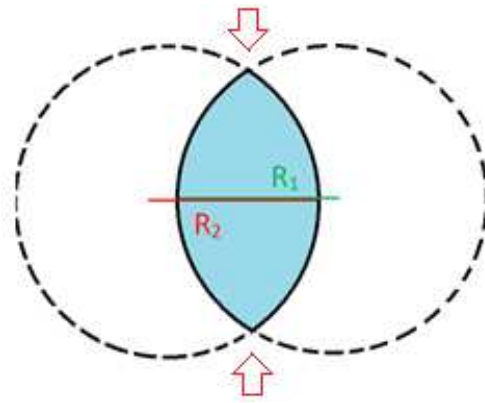


Fig. (6-19)

Au repos : $\begin{cases} \overline{SF'} = \overline{SR} \\ \overline{OF'} = \overline{OR} \end{cases}$ et $v = v_{min} = \begin{cases} \frac{1}{\overline{SF'}} = \frac{1}{\overline{SR}} \\ \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OR}} \end{cases}$

6-7 AMPLITUDE D'ACCOMODATION :

L'amplitude d'accommodation est la différence entre la vergence maximale et la vergence minimale de l'œil :

$$A = v_{max} - v_{min} = \begin{cases} \frac{1}{\overline{SP_R}} - \frac{1}{\overline{SP_P}} \\ \frac{1}{\overline{OP_R}} - \frac{1}{\overline{OP_P}} \end{cases}$$

Lorsque : $v = v_{max}$: l'œil regarde le P_P donc :

$$\overline{OA} = \overline{OP_P} \text{ et } \overline{OA'} = \overline{OR}$$

$$v_{max} = \frac{1}{\overline{OR}} - \frac{1}{\overline{OP_P}}$$

Lorsque : $v = v_{min}$: l'œil regarde le P_R donc :

$$\overline{OA} = \overline{OP_R} \text{ et } \overline{OA'} = \overline{OR}$$

$$v_{min} = \frac{1}{\overline{OR}} - \frac{1}{\overline{OP_R}}$$

$$A = \left(\frac{1}{\overline{OR}} - \frac{1}{\overline{OP_P}} \right) - \left(\frac{1}{\overline{OR}} - \frac{1}{\overline{OP_R}} \right) = \frac{1}{\overline{OP_R}} - \frac{1}{\overline{OP_P}}$$

Exemple : Dans le modèle de l'œil simplifié (lentille) en prenant : $\overline{OR} \cong 17mm$ on obtient pour un œil normal ($\overline{OP_P} = -20cm$ et $\overline{OP_R} \rightarrow -\infty$) :

$$v_{min} \cong 60\delta, v_{max} \cong 65\delta \text{ et } A = 5\delta$$

6-8 AMETROPIES (DEFAUTS) DE L'ŒIL :

Les amétropies de l'œil ne sont pas des maladies mais des troubles de la vision.

6-8-1 LA MYOPIE :

La myopie n'est pas une maladie mais un trouble de la vision qui se caractérise par une bonne vision nette de près mais une vision floue de loin.

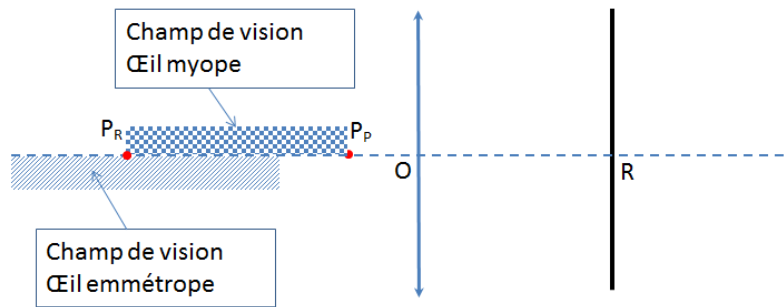


Fig. (6-20)

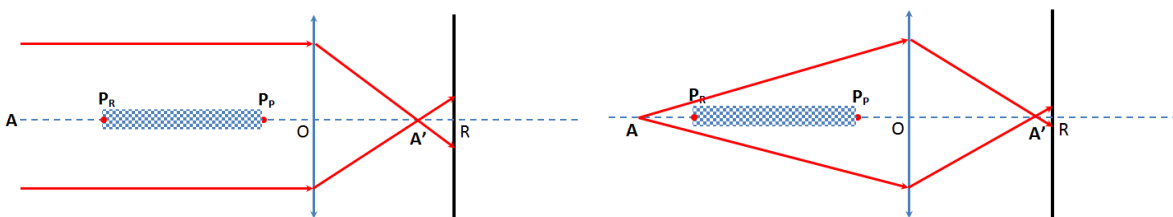


Fig. (6-21)

- OP_R fini \rightarrow la vision des objets éloignés est floue.
- $OP_P < 20$ cm

Causes de la myopie :

- Globe oculaire trop long.
- Plus rarement, une courbure excessive de la cornée (rayons de courbures de la cornée trop faibles) ce qui donne une puissance (vergence) de l'œil trop importante.

Correction (lentille de contact):

On peut corriger la myopie par l'utilisation d'une lentille qui va permettre à l'œil de voir à l'infini lorsqu'il est au repos. Pour cela il faut que cette lentille donne à l'objet situé à l'infini une image située sur le P_R de l'œil.

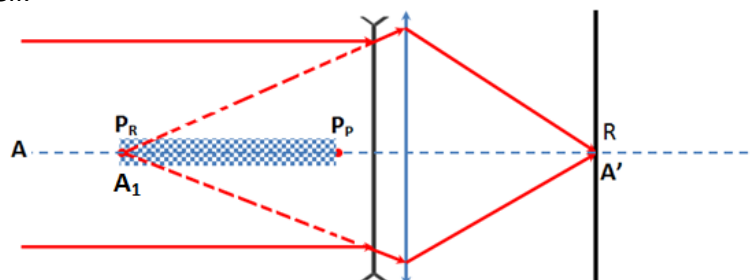
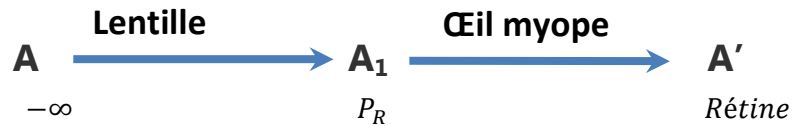


Fig. (6-22)

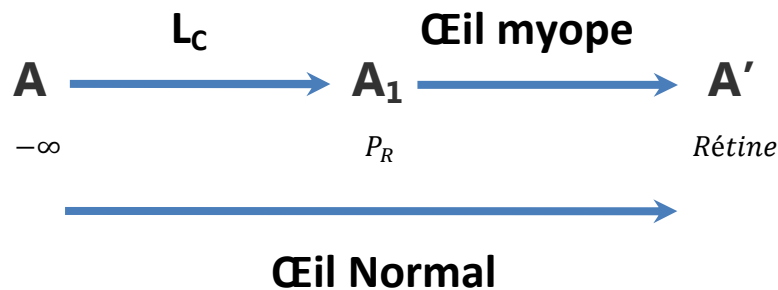


$$v_c = \frac{1}{OA_1} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OP_R} - \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{OP_R} < 0$$

$$v_c = \frac{1}{OP_R} < 0$$

La lentille de correction de la myopie est une lentille divergente.

On peut obtenir ce même résultat en raisonnant d'une autre manière : la lentille correctrice et l'œil myope doivent avoir la même vergence que l'œil emmétrope.



$$v_c + v_{OM} = v_{(ON)}$$

$$v_c = v_{(ON)} - v_{OM}$$

$$v_c = \left(\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} \right) - \left(\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA_1} \right)$$

$$v_c = \frac{-1}{-\infty} - \frac{1}{OP_R} \rightarrow v_c = \frac{1}{OP_R}$$

6-8-2 L'HYPERMETROPIE :

L'hypermétropie est caractérisée par une vision de près floue. Mais aussi et le plus important c'est que l'œil doit accommoder pour voir à l'infini car son P_R est virtuel (situé derrière l'œil), ce qui induit une fatigue de l'œil puisqu'il n'est jamais au repos.

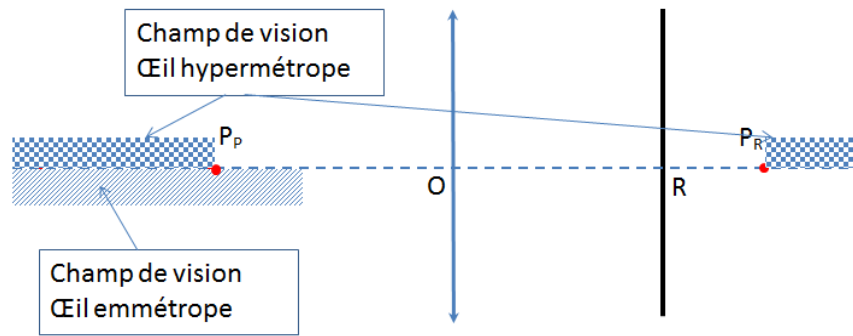


Fig. (6-23)

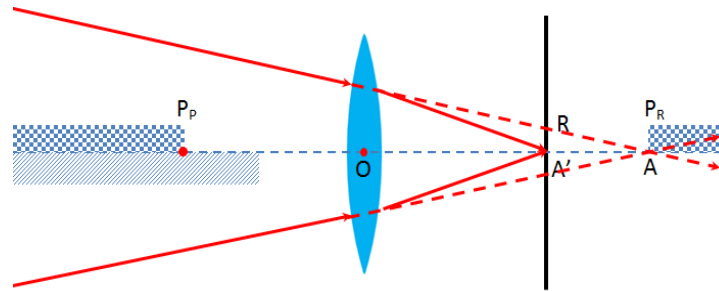


Fig. (6-24)

- Au repos, l'œil hypermétrope voit un point virtuel. Son P_R est virtuel.

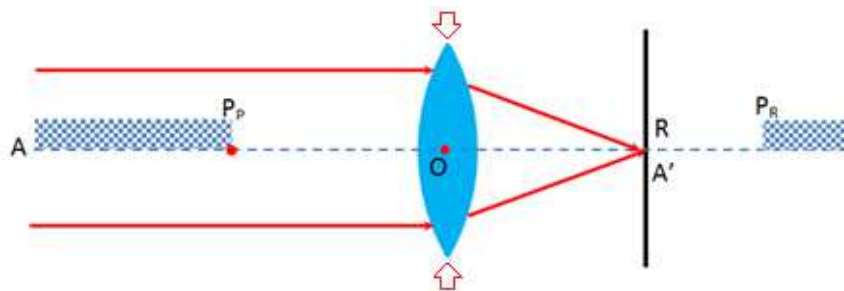


Fig. (6-25)

- Pour voir l'infini, l'œil hypermétrope doit accommoder.

Champ de vision : $[P_R; +\infty[et] - \infty; P_P]$.

- $\overline{OP_R} > 0 \rightarrow P_R$ virtuel \rightarrow L'œil doit toujours accommoder, il n'est jamais au repos.
- $OP_P > 20 \text{ cm} \rightarrow$ la vision des objets proches est floue.

Causes de l'hypermétropie :

- Globe oculaire trop court.
- Plus rarement, une courbure faible de la cornée (rayons de courbures trop grands) ce qui donne une puissance de l'œil trop faible.

Correction (lentille):

La correction de la presbytie repose sur le même principe que la correction de la myopie. En effet, pour permettre à l'œil hypermétrope de se reposer, la lentille correctrice doit lui permettre de voir les objets situés à l'infini sans accommoder. Pour cela la lentille doit donner à un objet situé à l'infini une image située sur le P_R .

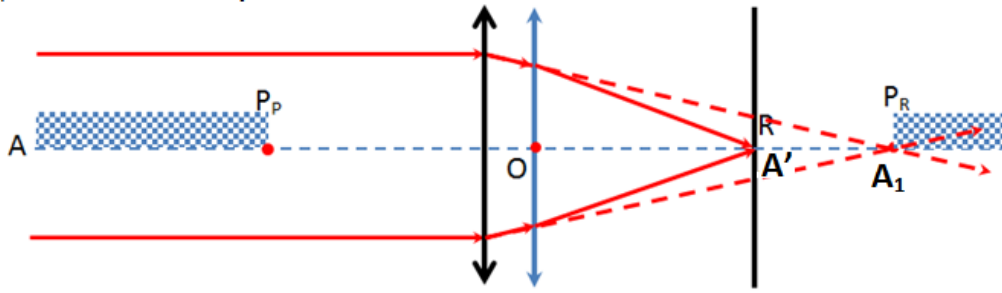
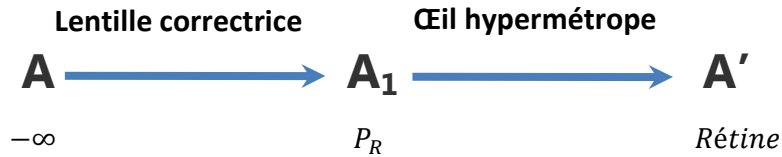


Fig. (6-26)

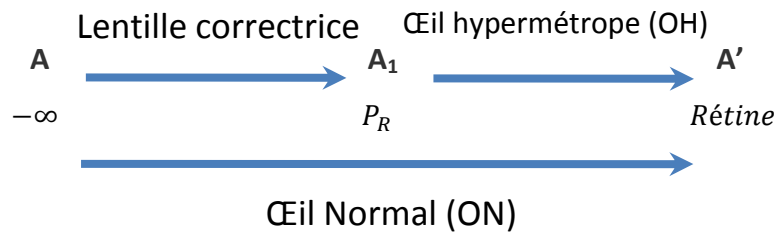


$$v_c = \frac{1}{OA_1} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OP_R} - \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{OP_R} > 0$$

$$v_c = \frac{1}{OP_R} > 0 \text{ (cas d'une lentille de contact)}$$

La lentille correctrice de l'hypermétropie est une lentille convergente.

On peut obtenir ce même résultat d'une autre manière (comme dans le cas de la myopie):



$$v_c + v_{OH} = v_{ON}$$

$$v_c = v_{ON} - v_{OH}$$

$$v_c = \left(\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} \right) - \left(\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA_1} \right)$$

$$v_c = \frac{-1}{-\infty} - \frac{1}{OP_R} \rightarrow v_c = \frac{1}{OP_R}$$

6-8-3 LA PRESBYTIE:

La presbytie est un défaut de l'œil qui rend floue la vision de près. Elle survient avec l'avancement dans l'âge car le cristallin perd de son élasticité avec le temps. Ce qui ne permet plus à l'œil

d'atteindre sa vergence maximale initiale et donc il ne peut plus voir nettement les objets proches de l'œil. Le P_p de n'importe quel œil (emmétrope, myope, hypermétrope) s'éloigne avec le temps.

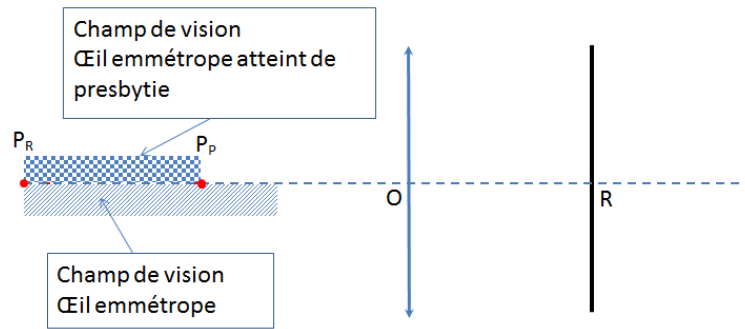


Fig. (6-27)

Champ de vision : $P_R; P_P$.

- OP_R reste inchangé la vision des objets éloignés reste telle qu'elle était avant la presbytie.
- $OP_P > 20\text{ cm}$ → la vision des objets proches est floue.

Causes de la presbytie :

- Perte de l'élasticité du cristallin avec l'âge.
La puissance (vergence) maximale de l'œil diminue.

Correction (lentille):

La lentille de correction de la presbytie doit permettre à l'œil presbyte de voir les objets proches jusqu'à une certaine distance, en général 20 cm. Ceci correspond à un remplacement de l'ancien P_p par un nouveau P_{PN} . La lentille correctrice doit donner à un objet situé sur le P_{PN} une image sur le P_p .

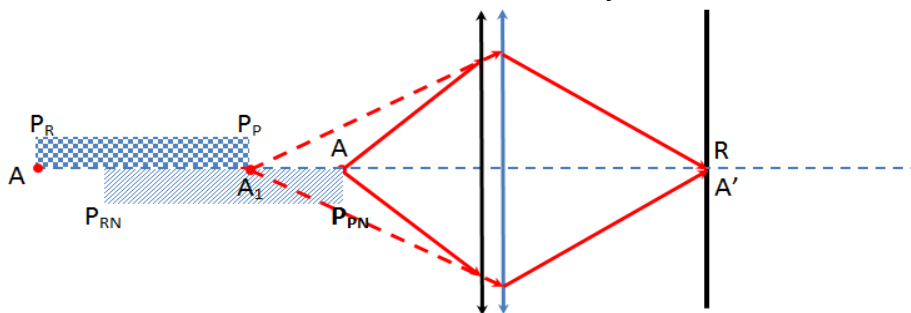
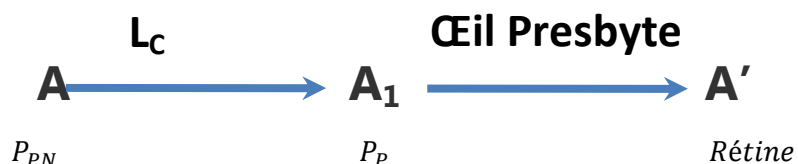


Fig. (6-28)

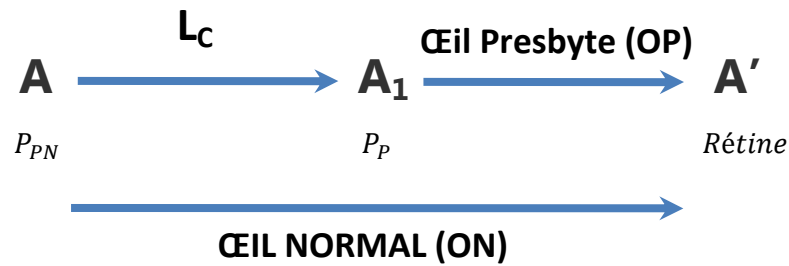


$$v_c = \frac{1}{OA_1} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OP_P} - \frac{1}{OP_{PN}} > 0$$

$$v_c = \frac{1}{OP_P} - \frac{1}{OP_{PN}} > 0 \text{ (cas d'une lentille de contact)}$$

La lentille de correction de la presbytie est une lentille **convergente**.

On peut obtenir ce même résultat d'une autre manière :



$$v_c + v_{OP} = v_{ON}$$

$$v_c = v_{ON} - v_{OP}$$

$$v_c = \left(\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} \right) - \left(\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA_1} \right)$$

$$v_c = \frac{-1}{OP_{PN}} + \frac{1}{OP_P} \quad \rightarrow \quad v_c = \frac{1}{OP_P} - \frac{1}{OP_{PN}}$$

Variation de la vergence (puissance) de l'œil en fonction de la position de l'objet :

La vergence de l'œil varie avec la position de l'objet. La Figure (6-29) donne cette variation.

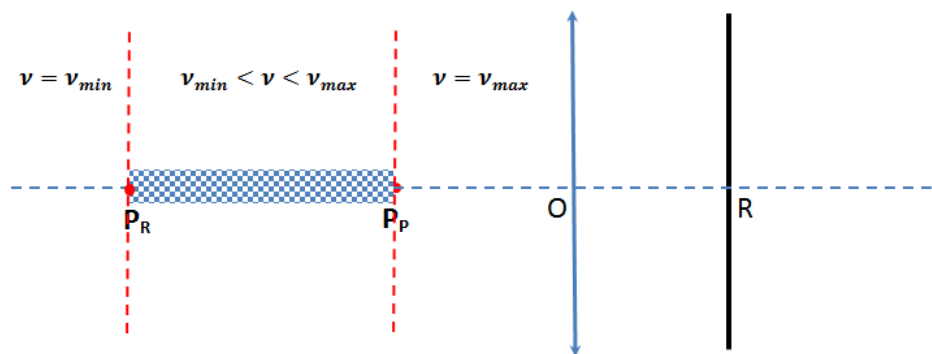


Fig. (6-29)

6-8-4 Modification du champ de vision après correction :

En utilisant la lentille correctrice le champ de vision de l'œil change, c-à-d que le P_P et le P_R seront remplacés par de nouveaux points limites du champ de vision qui sont le P_{PN} et le P_{RN} .

6-8-4-1 déterminations du P_{PN} et du P_{RN} :

Par rapport à la lentille correctrice :

Le P_{PN} :

L'objet est situé sur le P_{PN} et son image est sur le P_P :

$$v_c = \frac{1}{OP_P} - \frac{1}{OP_{PN}} \quad \rightarrow \quad \overline{OP_{PN}} = \frac{1}{\frac{1}{OP_P} - v_c}$$

Le P_{RN} :

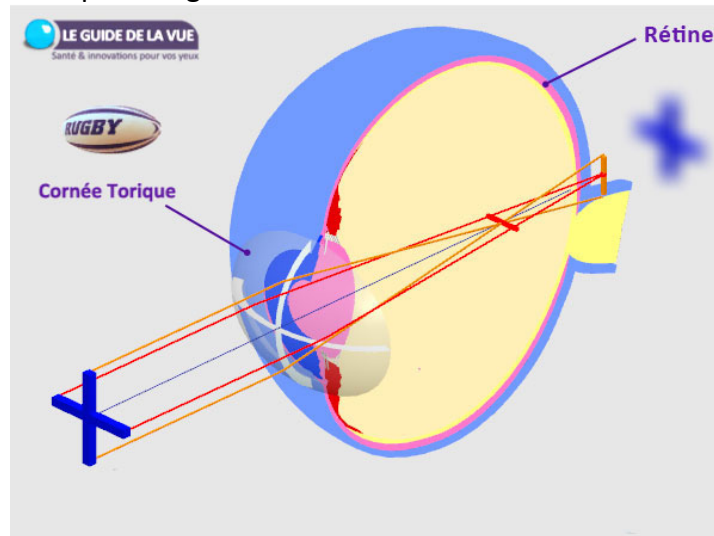
L'objet est situé sur le P_{RN} et son image est sur le P_R :

$$v_C = \frac{1}{OP_R} - \frac{1}{OP_{RN}} \quad \rightarrow \quad \overline{OP_{RN}} = \frac{1}{\frac{1}{OP_R} - v_C}$$

L'ASTIGMATISME :

L'astigmatisme est une anomalie de la courbure de la cornée qui présente une forme irrégulière, ovalaire (ballon de rugby) au lieu d'être sphérique (ballon de football).

Les rayons lumineux se focalisent alors en des points différents en arrière et en avant de la rétine (focales antérieure et postérieure) ce qui provoque une déformation de l'image. L'œil astigmaté, en effet, accommodera pour voir l'une des deux images qui seule sera vue nette. Par exemple, l'astigmaté ne verra nettes que les lignes horizontales ou verticales.



L'astigmatisme entraîne une vision brouillée, floue, déformée, dédoublée, imprécise à **toutes les distances**. Parfois avec un allongement des lignes verticales (astigmatisme direct conforme), horizontales (astigmatisme inverse) ou obliques (astigmatisme oblique). Il y a **confusion de lettres proches** comme le H le M et le N, le O et D ou Q, le E et le B ou entre 8, 0, 6, 9. L'image est brouillée différemment selon une direction horizontale, verticale, ou oblique ce qui explique la confusion des lettres. L'image d'un point n'est pas un point mais une droite. L'astigmatisme habituel entraîne une vision qui n'est jamais excellente sans être vraiment mauvaise, de près comme de loin.

CAUSES DE L'ASTIGMATISME :

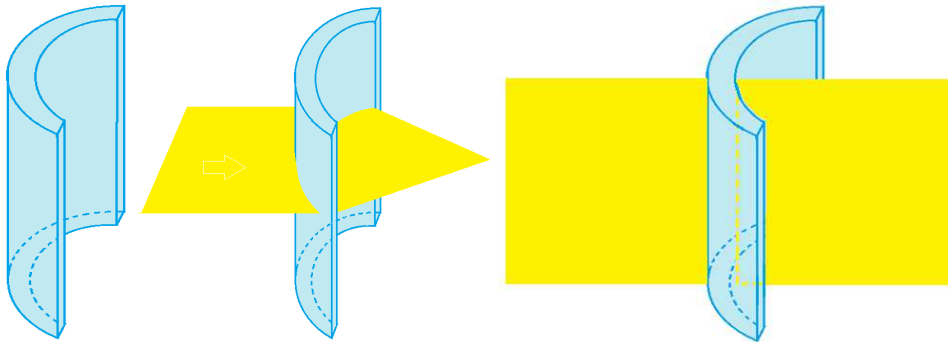
L'astigmatisme peut être **congénital**, de loin le plus fréquent, existant dès la naissance et **variant très peu au cours de la vie**.

Il peut être **acquis**, un facteur ayant déformé la cornée: une intervention chirurgicale (opération de cataracte, greffe de cornée, traumatisme avec plaie perforante, infection, herpes...), ou un accident. L'astigmatisme peut être **direct** (ou conforme) le plus souvent (le grand axe est horizontal), **inverse** (grand axe vertical) ou **oblique** (axe oblique). **L'astigmatisme oblique est le plus mal supporté et le plus difficile à corriger**. L'astigmatisme est le plus souvent **régulier** avec une déformation de la cornée dans un seul axe. Il existe alors deux méridiens principaux perpendiculaires l'un à l'autre, l'un ayant le rayon de courbure maximum, l'autre ayant le rayon de courbure minimum. Cet astigmatisme est alors facile à corriger (lunettes, lentilles, lasik). L'astigmatisme régulier est congénital.

Correction de l'astigmatisme :

L'astigmatisme peut être corrigé par des **lunettes** dont le **verre cylindrique, torique**, n'ayant pas la même puissance pour les différents méridiens permet à l'image de se reporter sur la rétine.

- L'astigmatisme peut être corrigé par le **laser excimer** qui arrondit la forme de la cornée en creusant plus un méridien que l'autre.



Verre cylindrique.

CORRECTION DES AMETROPIES DE L'ŒIL PAR CHIRURGIE REFRACTIVE :

La chirurgie réfractive cornéenne :

C'est une chirurgie qui se propose de modifier l'épaisseur de la cornée, et donc son rayon de courbure antérieur, ce qui modifiera sa puissance optique. Le chirurgien agit donc comme s'il sculptait la cornée, pour en faire une lentille divergente ou bien convergente. En faisant varier le rayon de courbure de la cornée selon les méridiens, il est possible de corriger l'astigmatisme.

LA CORNEE :

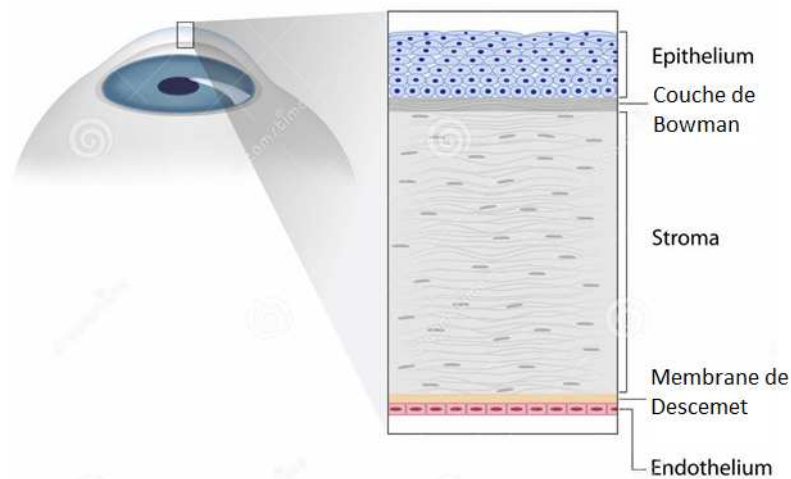
C'est le premier élément réfractif de l'œil, comptant pour les $\frac{2}{3}$ de la puissance de l'œil, le cristallin constituant le $\frac{1}{3}$ restant. Elle couvre environ un cinquième de la surface de l'œil. Son épaisseur diminue de la périphérie (environ 1 millimètre) vers le centre (environ 500 micromètres).

Rayons de courbure moyens :

- de la face antérieure : $R_1 = 7,8$ mm
- de la face postérieure : $R_2 = 6,8$ mm

Indice de réfraction : 1,377

Puissance moyenne : 43 dioptries.



STRUCTURE DE LA CORNEE.

Anatomie microscopique de la cornée :

Elle présente 5 couches parallèles entre elles :

L'épithélium :

L'épithélium cornéen est formé de 5 à 7 couches de cellules. Son épaisseur varie entre 50 et 70 μm . Il a un rôle de barrière et facilite la dispersion du film de larmes à la surface de la cornée. Il faut une année pour que l'épithélium se renouvelle complètement.

La couche de Bowman :

Elle mesure de 8 à 14 μm d'épaisseur à la partie centrale de la cornée. Elle est strictement acellulaire. Elle ne se renouvelle jamais et par conséquent une lésion de celle-ci est définitive.

Le stroma :

Le stroma cornéen représente la majeure partie de l'épaisseur de la cornée 400 μm à 500 μm d'épaisseur (9/10 de l'épaisseur totale).

- L'épithélium, la couche de Bowman et le stroma antérieur proche de l'épithélium sont parcourus par des fibres nerveuses principalement sensibles.

La membrane de Descemet :

Il s'agit de la lame basale de l'endothélium, d'une épaisseur de 10 μm à 12 μm . Elle est très élastique et solide tout en étant perméable à l'eau.

L'endothélium :

L'endothélium cornéen est une mono-couche cellulaire formant une mosaïque hexagonale. Ses cellules ne se régénèrent pas.

Types de lasers utilisés en chirurgie réfractive :

- Laser excimer : c'est un laser d'une longueur d'onde de quelques centaines de nanomètres. Le plus utilisé en chirurgie réfractive est le laser à gaz argon ($\lambda = 193 \text{ nm}$, $E = 6,4 \text{ KeV}$). Sa profondeur de pénétration dans les tissus est de 0,3 μm .
- Laser femtoseconde : sa longueur d'onde ($\lambda=1053 \text{ nm}$) lui permet de pénétrer profondément à l'intérieur des tissus sans les endommager. Pour avoir une ablation de ces tissus on doit focaliser plusieurs rayons en un seul point. La durée de l'impulsion est de l'ordre de 10^{-15}s d'où le nom du laser.

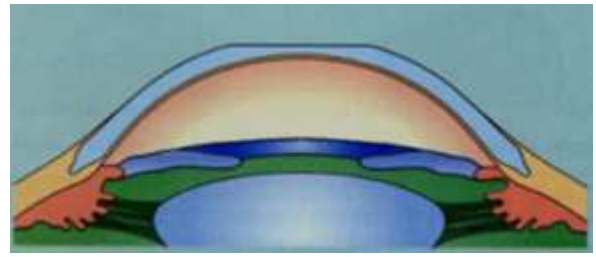
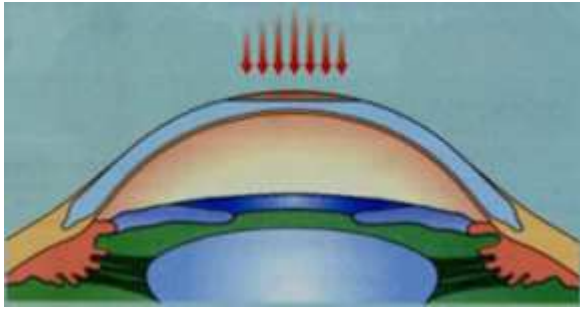
Principales Techniques de chirurgie réfractive :

1- PKR (photokératectomie réfractive):

Elle se déroule en 3 étapes :

- a- Abrasion de l'épithélium : bistouri, brosse, produit alcoolisé, laser femtoseconde.
- b- Sculpture de la cornée à l'aide d'un laser excimer.
- c- Couverture lentille pansement.

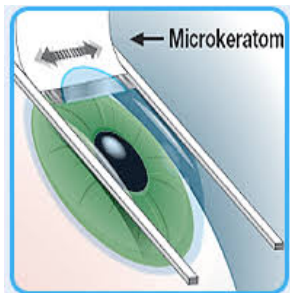
Dans cette technique, l'épithélium n'est pas préservé ce qui implique du temps pour sa régénération totale.



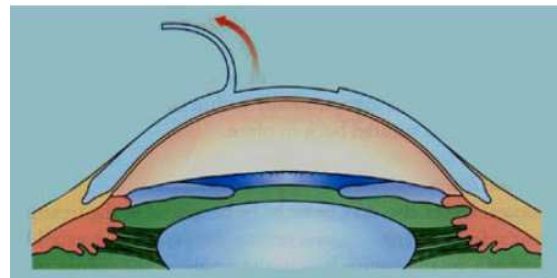
2- LASIK (laser in situ keratomileusis) :

Le but de cette technique est de préserver l'épithélium pour une rémission rapide du patient.

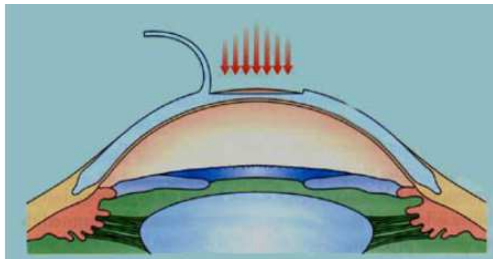
- Création à l'aide d'un micro kératome ou d'un laser femtoseconde d'un volet d'une épaisseur de 50 à 70 μm pour préserver l'épithélium.
- Soulèvement du volet.
- Sculpture de la cornée à l'aide d'un laser excimer.
- Remise en place du volet.



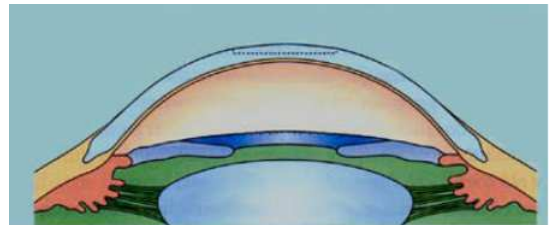
a



b



c



d

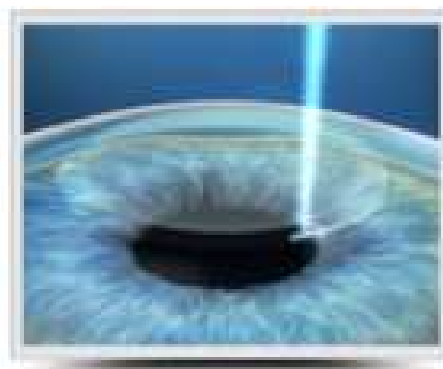
3- SMILE (small incision lenticule extraction) :

Cette technique n'est applicable qu'au cas de la myopie. L'épithélium est presque intact.

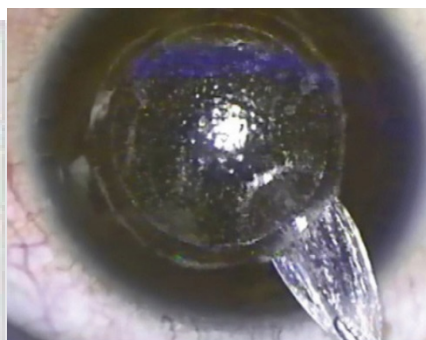
- A l'aide d'un laser femtoseconde la cornée est sculptée en dessous de l'épithélium. Ce qui conduit à la création d'une lenticule.
- Petite incision dans l'épithélium pour créer un accès à la lenticule créée.
- Extraction à l'aide d'une pince de la lenticule.



a - sculpture de la cornée



b- incision dans l'épithélium



c- Extraction de la lentille.

Comparatif des techniques de chirurgie réfractive : PKR, LASIK et SMILE :

	<i>PKR</i>	<i>LASIK</i>	<i>SMILE</i>
Principe	- Laser excimer à la surface de la cornée.	- Laser excimer dans l'épaisseur de la cornée sous un volet cornéen superficiel fait avec un laser femtoseconde ou un microkératome.	- Ablation au laser femtoseconde de tissu cornéen découpé dans le stroma sans volet.
Intervention	- Durée : 5 à 10 minutes.	Durée : 5 minutes par œil avec deux temps par œil.	- Plusieurs minutes.
Suites immédiates	- Pansement et douleurs : pendant 4 jours, - Lentille de contact pansement, - Irritation : quelques jours, - Gouttes oculaires : quelques semaines.	- Coques transparentes jusqu'au lendemain, - Pas de douleur.	- Coque non obligatoire.

Récupération d'une vision correcte	- Après une à trois semaines environ, résultat final à 3 mois similaire à celui du lasik.	- Après quelques heures (dans la soirée ou le lendemain), - Retouche aisée.	Un peu plus lente que le lasik excimer, en 24h à 56 h.
Reprise du travail	- Possible après 3 jours, mais avec une vision floue transitoire.	- Le lendemain, sauf métier de sécurité.	- Dès le lendemain sauf conditions de sécurité, gêne de près possible les premiers jours.
Indications privilégiées	- Cornée fine,	Toutes les opérations laser excimer où n'existe pas une contre-indication à pratiquer un volet cornéen. Contre indiquée : cornée fine	- Uniquement dans la myopie > - 2 dioptries et sans fort astigmatisme, - Peut souvent remplacer la PKR, - Bonne précision réfractive, - Ne nécessite qu'un seul laser, - Pour les chirurgiens ne disposant pas de laser excimer. A les mêmes contre indications que le lasik
Avantages Les résultats visuels pour les faibles amétropies sont identiques dans les deux cas après quelques semaines.	- Simplicité, coût, - Méthode très peu exposée aux complications.	- Procédé éprouvé, - Rapidité de la récupération visuelle, - Indolore.	- Indolore, - Lacrymation peu réduite (pas de sécheresse de l'œil).
Inconvénients	- Douleurs, gêne durant 3-4 jours, - Récupération visuelle progressive, Sècheresse de l'œil jusqu'à un an	Méthode nécessitant une cornée > 500 µ. Sècheresse de l'œil jusqu'à un an	- Ne traite ni l'hypermétropie ni la presbytie, - Peu adapté aux astigmatismes notables, - Geste manuel indispensable pour extraire le lenticule : temps d'apprentissage. <i>Retouche peu simple.</i>