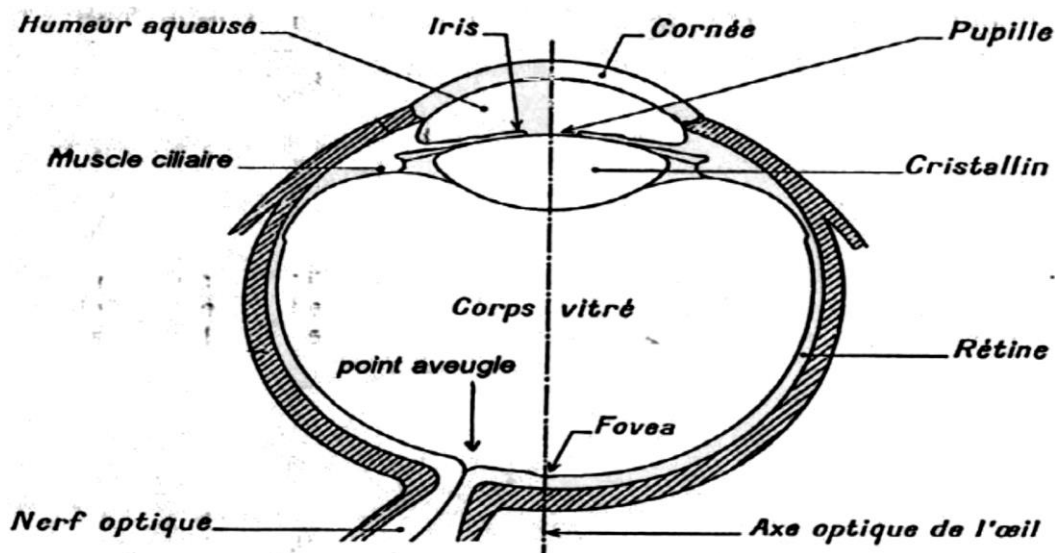


CHAPITRE 7 : L'Œil

1. Description et modélisation

Une coupe de l'œil est présentée sur la figure suivante.



L'œil est l'organe de la vision. Il a sensiblement la forme d'une sphère de 20 à 25 mm de diamètre. Il est composé d'une suite de milieux transparents limités par des surfaces qui sont pratiquement centrées sur le même axe.

On rencontre successivement de l'extérieur vers l'intérieur :

- **la cornée** est une membrane transparente d'environ 2 mm d'épaisseur.
- **l'humeur aqueuse** est un liquide transparent d'indice 1,336 (environ 4 mm d'épaisseur).
- **le cristallin** est un muscle assimilable à une lentille mince biconvexe (environ 4 mm d'épaisseur et 10 mm de diamètre) dont la distance focale est variable selon sa contraction. Indices : 1,36 sur les bords et 1,42 au centre. Il donne d'un objet une image renversée sur la rétine.
- **l'iris** est percé de la pupille dont le diamètre est variable (de 2 à 8 mm) et qui joue le rôle de diaphragme c'est-à-dire qui limite la puissance lumineuse pénétrant dans l'œil.
- **l'humeur vitrée** (ou corps vitré) : substance transparente gélatineuse d'indice 1,336 (environ 15 mm d'épaisseur).
- **la rétine** est constituée de cellules sensibles à la lumière. Elle tapisse le fond de l'œil. Elle sert d'écran sur lequel se forme l'image.

On modélise l'œil par une lentille mince convergente de vergence variable correspondant au cristallin et formant une image sur un écran fixe correspondant à la rétine.

2. Caractéristiques optiques

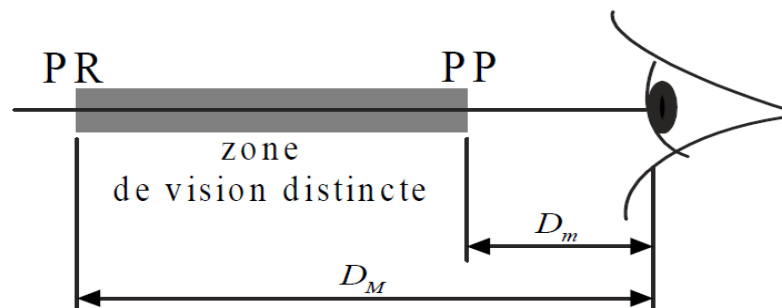
2.1. Limite de résolution angulaire

L'œil ne distingue deux détails différents de l'objet que si leur image se forme sur deux cellules différentes de la rétine. Dans de bonnes conditions d'éclairement (ni trop sombre, ni trop lumineux), l'œil distingue des détails d'environ 1 minute d'arc, soit $3 \cdot 10^{-4}$ rad. Cette valeur constitue la limite de résolution ou pouvoir séparateur de l'œil. Elle n'est atteinte que dans des conditions d'éclairement et de contraste optimales.

2.2. Plage d'accommodation

L'œil ne peut voir une image nette que si elle se forme sur la rétine. Un œil au repos (cristallin non contracté) voit à une distance maximale. Le point situé à cette distance porte le nom de Punctum Remoud noté PR. Pour voir des objets proches, le cristallin doit se contracter pour être plus convergent (sa vergence augmente), on dit que l'œil accommode. Le point le plus proche que peut voir net un œil est appelé Punctum Proximum noté PP. Il correspond à la distance minimale de mise au point. La zone située entre le PP et le PR est appelé champ en profondeur de l'œil.

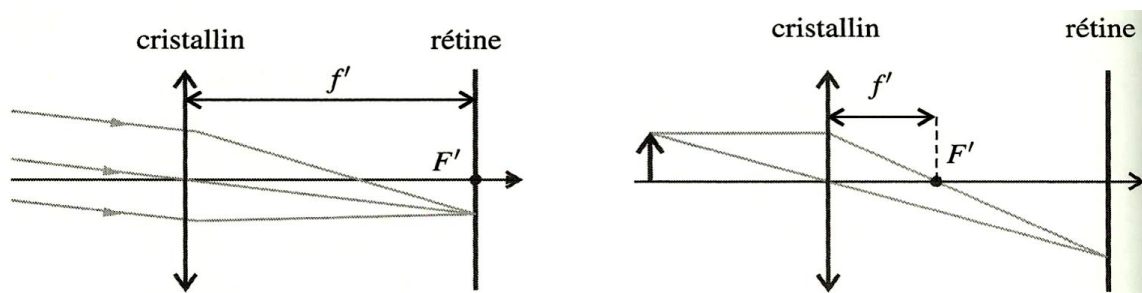
Pour un œil normal, le PR est à l'infini et le PP à environ 25 cm pour un adulte.



D_M : distance maximale de vision distincte

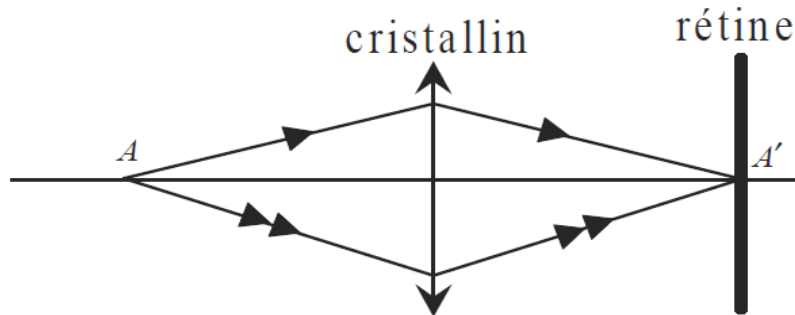
D_m : distance minimale de vision distincte

Les figures suivantes représentent la formation de l'image d'un objet au PR et au PP. La distance focale du cristallin varie mais la distance entre le cristallin et la rétine ne varie pas.



3. Equations de la vision

Soit un objet A situé à la distance $D = \overline{AO}$ de l'œil, qui modifie sa distance focale f' de sorte que l'image A' soit sur la rétine.



En posant $C = 1/f'$ et en tenant compte du fait que $\overline{OA'} = 1/K = cte$, la relation de conjugaison appliquée à l'œil donne :

$$K - \frac{1}{-D} = C \Rightarrow C - \frac{1}{D} = K \quad (a)$$

Ainsi, quand A se rapproche, D diminue et donc C doit augmenter (i.e. f' diminuer) pour que l'image se forme toujours au niveau de la rétine. Lorsque l'œil est au repos (pas d'accommodation), il voit nettement au PR ($D = D_M$) et sa vergence vaut C_0 . On a alors

$$C_0 - \frac{1}{D_M} = K$$

Pour une accommodation maximale, l'œil voit nettement au PP ($D = D_m$) et sa vergence varie de la quantité ΔC appelée amplitude dioptrique d'accommodation (en dioptrie), soit $C = C_0 + \Delta C$. Dans ces conditions, l'équation (a) devient :

$$C_0 + \Delta C - \frac{1}{D_m} = K$$

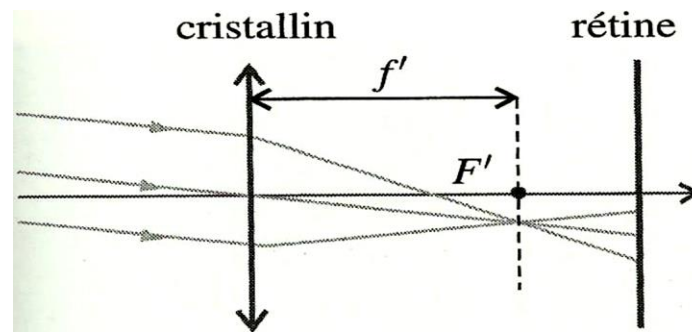
En combinant les deux équations précédentes, on obtient le terme ΔC :

$$\Delta C = \frac{1}{D_m} - \frac{1}{D_M}$$

4. Défauts de l'œil

4.1. La myopie

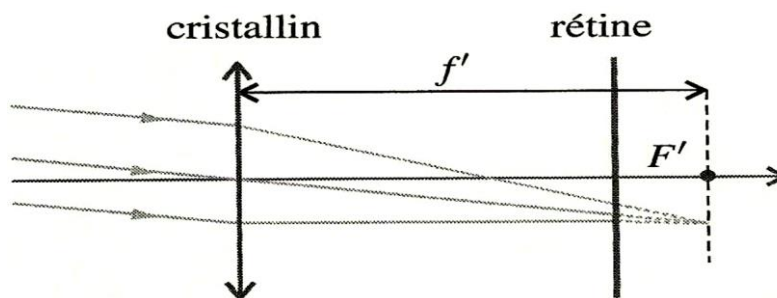
Un œil myope possède un cristallin trop convergent. Par conséquent le P.P. est plus proche que pour l'œil normal et le P.R. n'est plus à l'infini. On s'aperçoit sur la figure suivante que l'image d'un objet ponctuel à l'infini se forme avant la rétine et l'observateur ne voit qu'une tache floue (le myope sans lunette voit flou de loin).



Il faut rendre l'œil moins convergent donc la correction se fait par l'utilisation d'une lentille divergente. Cette lentille doit donner d'un objet à l'infini une image qui soit vue nettement par l'œil au repos, donc située au P.R.. Par suite, le foyer image de la lentille divergente doit coïncider avec le P.R..

4.2. L'hypermétropie

Un œil hypermétrope possède un cristallin insuffisamment convergent. L'œil doit donc accommoder pour voir à l'infini sinon l'image se forme derrière la rétine et l'observateur observe une tache floue.



Le P.P. est plus éloigné que pour l'œil normal. Il faut rendre l'œil plus convergent donc la correction se fait par l'utilisation d'une lentille convergente. Cette lentille doit donner d'un objet situé à l'infini qui soit vue nettement par l'œil au repos donc située au P.R.. Par suite, le foyer image de la lentille doit coïncider avec le P.R..

4.3. La presbytie

La presbytie est une diminution du pouvoir d'accommodation de l'œil. Elle survient avec l'âge et s'explique par la diminution de la plasticité du cristallin et une diminution de la vigueur des muscles ciliaires. Elle se traduit par une augmentation de la distance de vision distincte (enviro 7 cm à 10 ans, 25 cm à 40 ans, 1 m à 60 ans).

L'œil presbyte ne peut accommoder suffisamment pour voir nettement les objets rapprochés : le cristallin ne peut plus prendre une courbure suffisante. On associe donc à l'œil presbyte une lentille convergente, qui ne sera utilisée que pour la vision rapprochée (lecture...) ; pour la vision éloignée, donc sans accommodation, l'œil presbyte possède une vision normale.