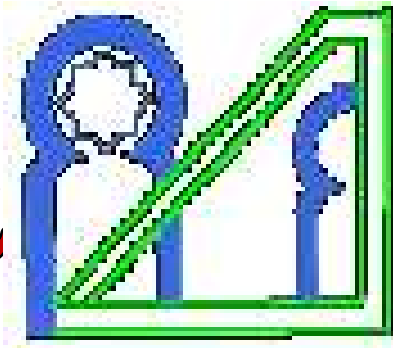




Les instruments d'optique



L'ŒIL & SES DÉFAUTS

SVT session d'automne 2013

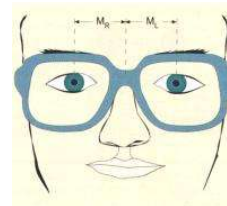
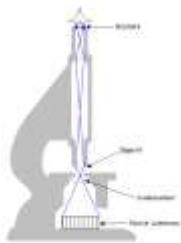
Pr Hamid TOUMA

Département de Physique
Faculté des Sciences de Rabat
Université Mohamed V

Généralités sur les instruments d'optiques :

Classification : Les instruments d'optiques sont de types différents très variés.

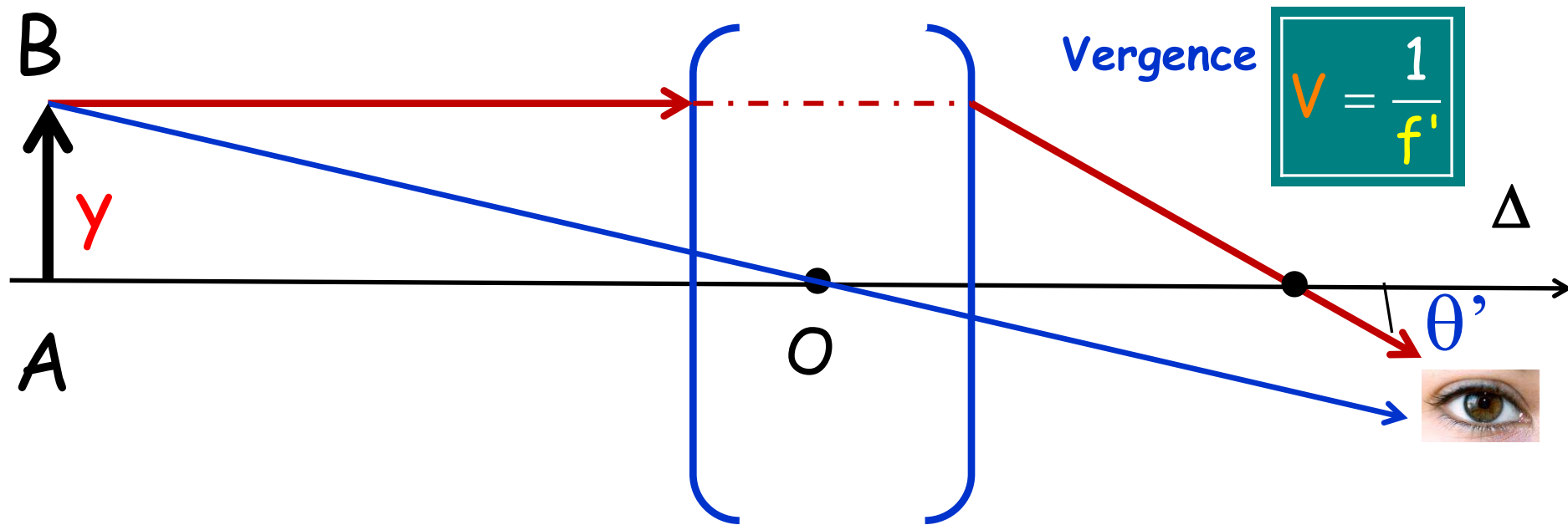
1. Les plus fréquemment utilisés sont des appareils destinés à aider l'œil dans **l'observation des objets**.
2. Analyser la lumière émise ou absorbée (**spectrographe**).



Un instrument d'optique est caractérisé par les paramètres suivants :

Grandissements $\gamma_{\text{transversal}}$ et γ_{axial} : Facteurs qui caractérisent les **grandeurs de l'image** obtenue à l'aide de cet instrument d'optique comme le microscope et l'objectif photographique.

$$\gamma_{\text{transversal}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \quad \text{et} \quad \gamma_{\text{axial}} = \frac{d\overline{OA'}}{\overline{dOA}}$$



Soit θ' le diamètre apparent de l'image. θ' est l'angle sous lequel l'observateur voit à travers l'instrument une dimension y déterminée de l'objet. Ce diamètre est proportionnel à la grandeur y de la dimension correspondante de l'objet.

$$\theta' = \frac{y}{f'}$$

Image 'taille angulaire' $\leftarrow$ (points to θ')

Objet 'taille linéaire' $\rightarrow$ (points to y)

Instrument 'distance focale' $\rightarrow$ (points to f')

Puissance P : Facteur qui caractérise uniquement les instruments destinés à la vision d'objets rapprochés comme la **loupe** et le **microscope**.

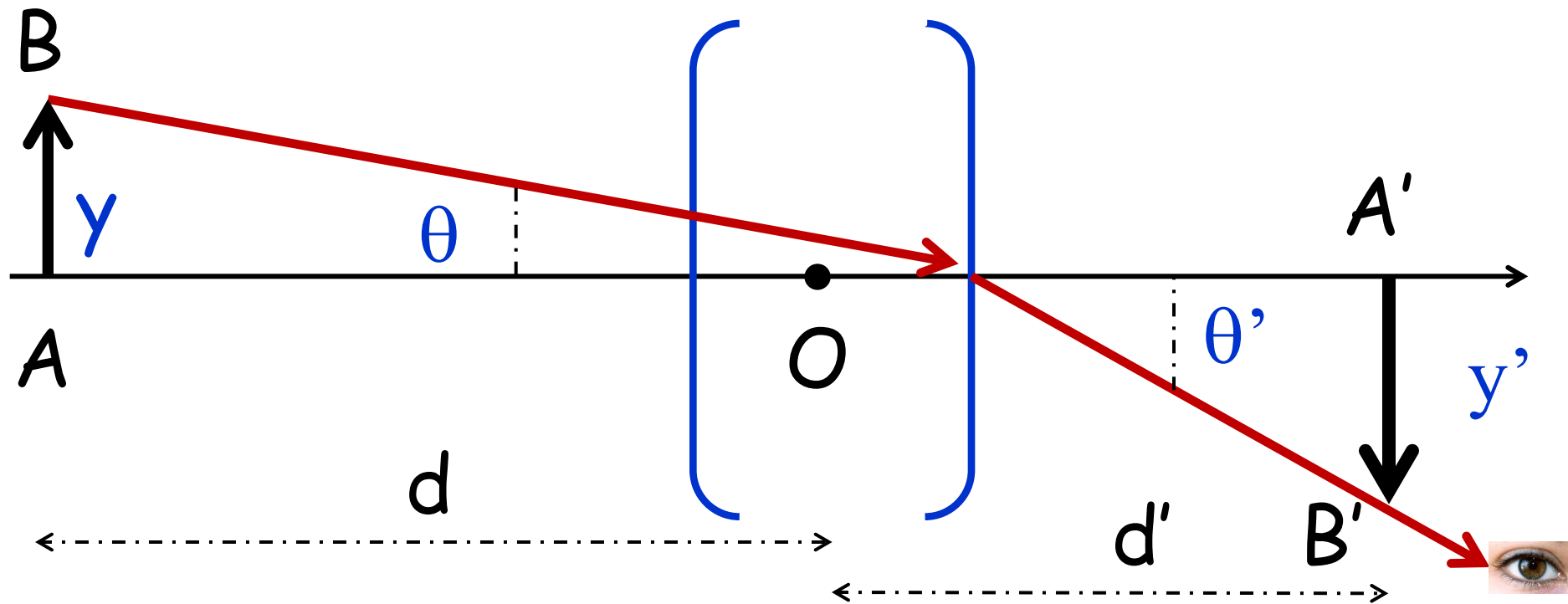
$$P(\text{Dioptries}) = \frac{\theta'(\text{rd})}{y(\text{m})}$$

Il est à remarquer que θ' peut être exprimé en fonction de la **vergence V** du système optique :

$$\theta' = y \cdot V$$

$$P = V$$

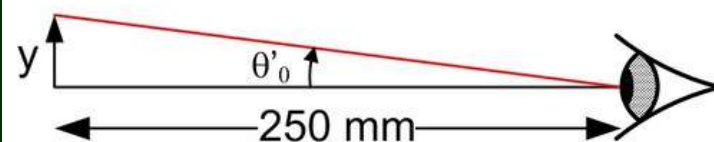
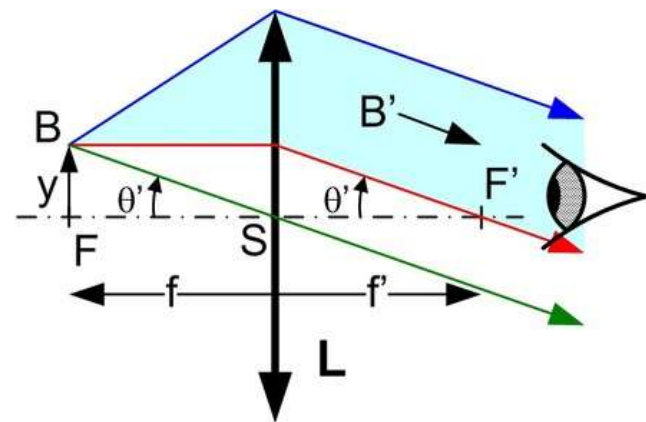
La **puissance** est égale à la **vergence** de l'instrument d'optique.



Grossissement G : Pour les objets rapprochés, on utilise les instruments d'optiques comme la loupe et le microscope. Le **grossissement** est défini par l'expression suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \frac{y}{d} \\ \theta' = \frac{y'}{d'} \end{array} \right.$$

$$G = \frac{\theta'}{\theta} \geq 1$$



$$\theta \approx \frac{y}{d} \quad \text{et} \quad \theta' \approx \frac{y'}{d'}$$

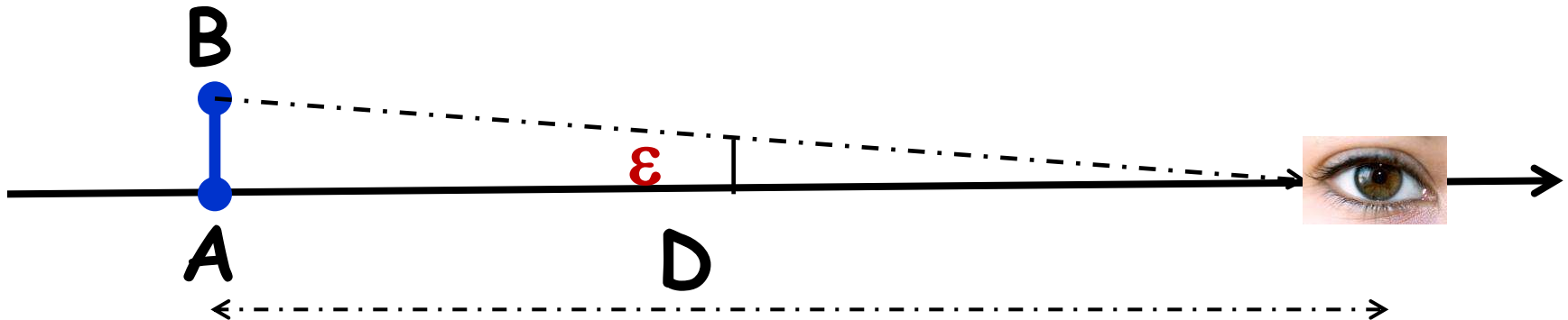
$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{\theta'}{y} \cdot d = P \cdot d = V \cdot d'$$

où la **vergence V** est égale à la **Puissance P**, avec **d** est la distance à l'objet et **d'** la distance à son image .

Pouvoir séparateur : est un paramètre qui se rapporte à la limite de perception des détails :

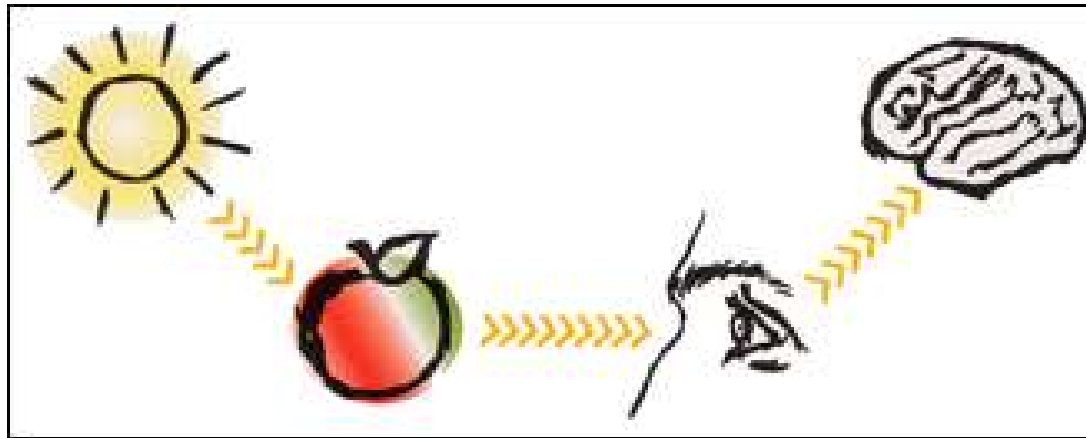
$$\text{tg}(\varepsilon) = AB/D = \varepsilon_{\text{rd}}$$

C'est souvent la **qualité** la plus importante pour un instrument d'optique.





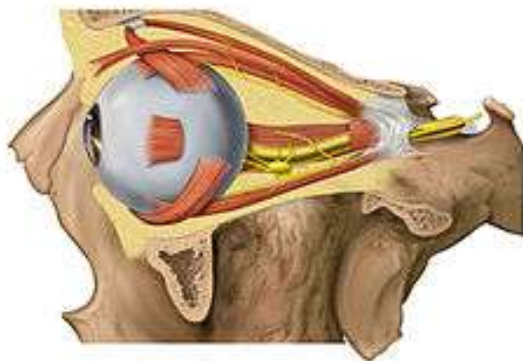
L'œil



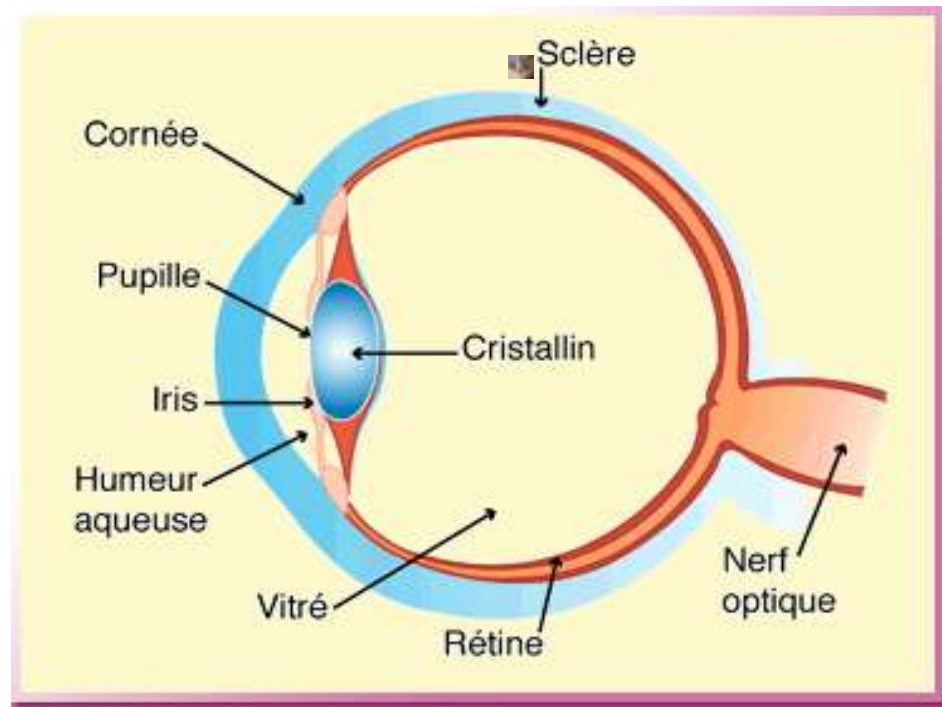
Description :

L'œil est l'organe de la **vision**. Il sert à observer directement des objets ou bien à examiner les images formées par des systèmes d'optiques. Son rôle est fondamental dans l'étude de l'optique.

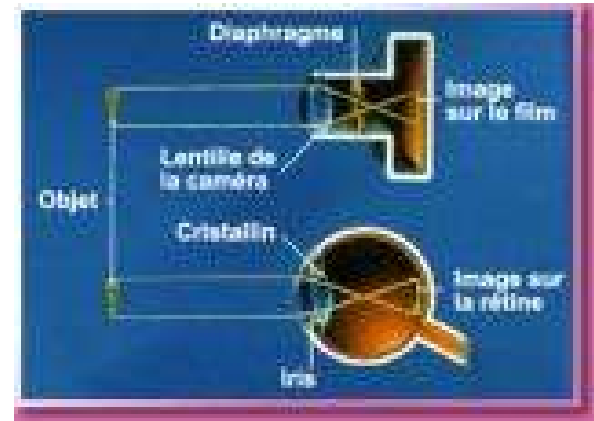
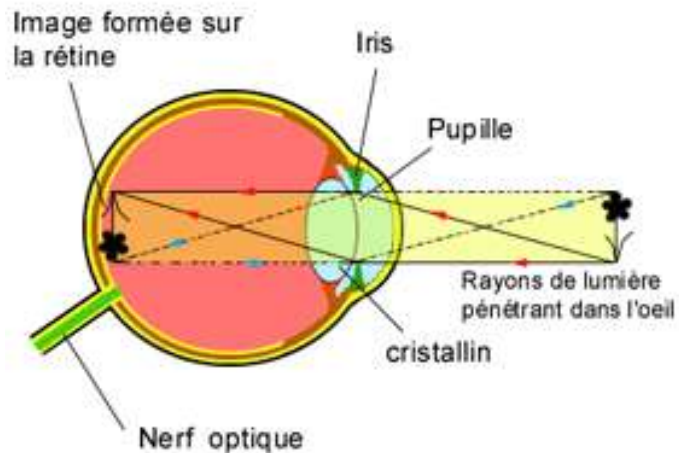
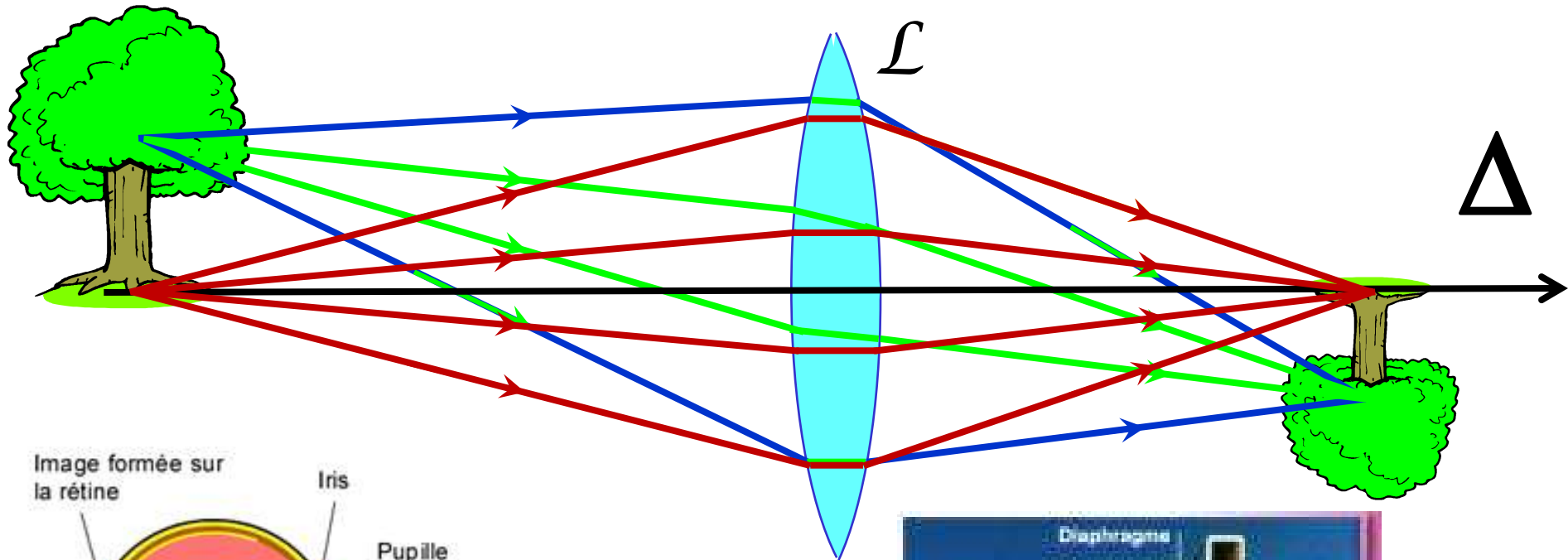
L'œil est un globe de 8 grammes, de **25 mm** environ de **diamètre**, recouverte d'une enveloppe blanche, la **sclérotique**, membrane d'épaisseur voisine de **2 mm**, dont la partie antérieure ou **cornée**, bombée (8mm de rayon), est transparente, pour laisser passer la lumière.



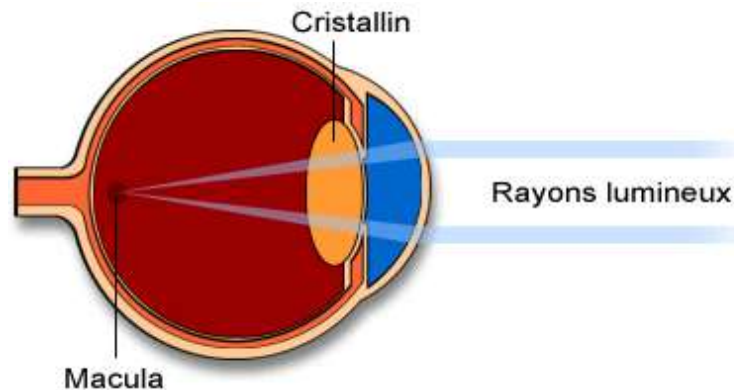
- Le **cristallin** est une lentille qui converge la lumière sur le fond de l'œil qui est la **rétine**.
- La couleur des yeux est assurée par **l'iris**, un diaphragme devant le **cristallin**, qui commande l'ouverture de **la pupille** a un diamètre variable de 2 à 8 mm, selon l'âge de la personne.



De point de vue optique, **l'œil** fonctionne comme un **appareil photographique**. L'image formée est inversée pour les deux.



Le fond de l'œil est tapissé par la **rétine R**, écran sur lequel se forme l'image. La rétine est composée de diverses couches de faibles épaisseurs (10 à 40 μm). Une couche est constituée de deux sortes de cellules, de formes différentes, **les cônes** ayant un diamètre de 4mm, et les **bâtonnets**. La rétine est l'épanouissement du **nerf optique**, dont les filaments aboutissent à ces cellules.



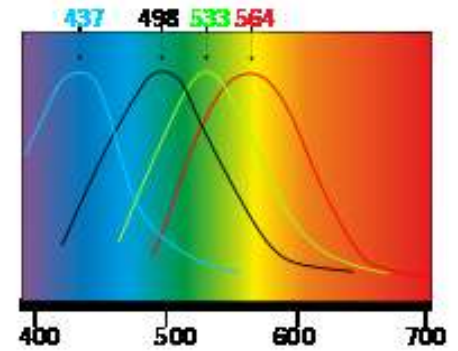
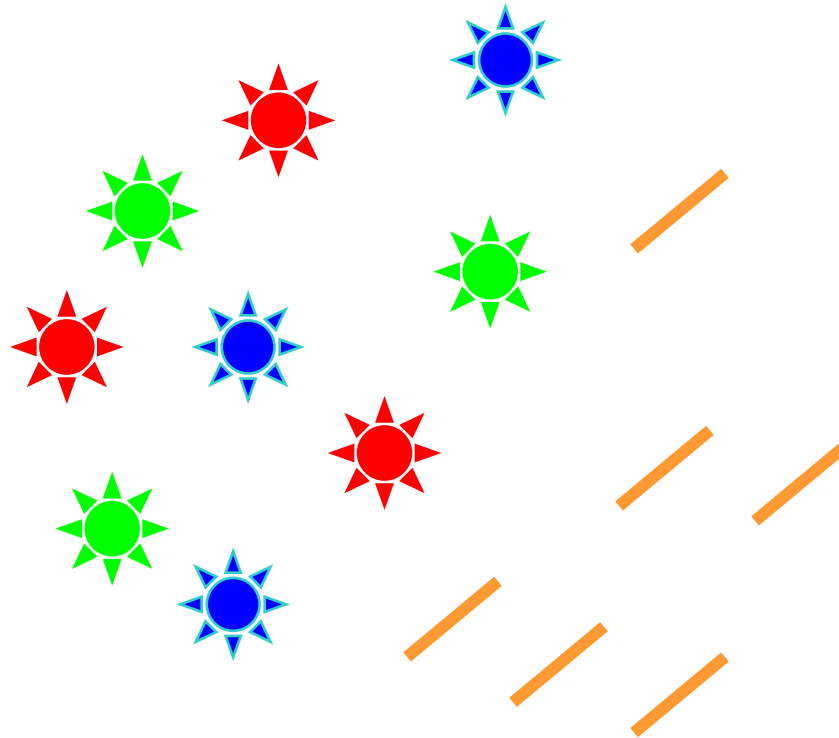
La répartition de ces cellules n'est pas régulière : une légère dépression, la **Fovea centralis**, de 0,3 mm de diamètre, ne comprend que des **cônes** et se place au centre de la tache jaune T(diamètre 2mm).

En fait, la **sensibilité de la rétine** pour la vision diurne est limitée à cette tache T (riche en cônes), légèrement écartée de l'axe de l'œil.

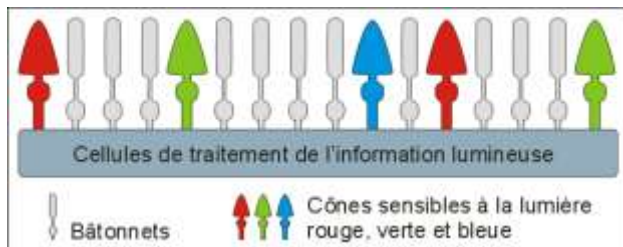
En revanche, **la sensibilité** de la rétine pour la vision nocturne est limitée à la région riche en **bâtonnets**.

Les bâtonnets assurent la vision quand la lumière diminue d'intensité.

cônes



bâtonnets



Comment l'œil perçoit les couleurs ?

- **Les daltoniens** n'arrivent pas à faire une **association de couleurs**. Donc ils n'aperçoivent pas une ou deux des couleurs principales : **confusion de couleurs**.
- **8%** de la population mondiale sont des **daltoniens**, dont la majorité sont des garçons.
- Les mamans qui transmettent ce défaut visuel aux garçons.
- **Les deux yeux** sont écartés de 7 cm, ce qui fait qu'ils ne voient pas la même chose. D'où la **notion du perspective**



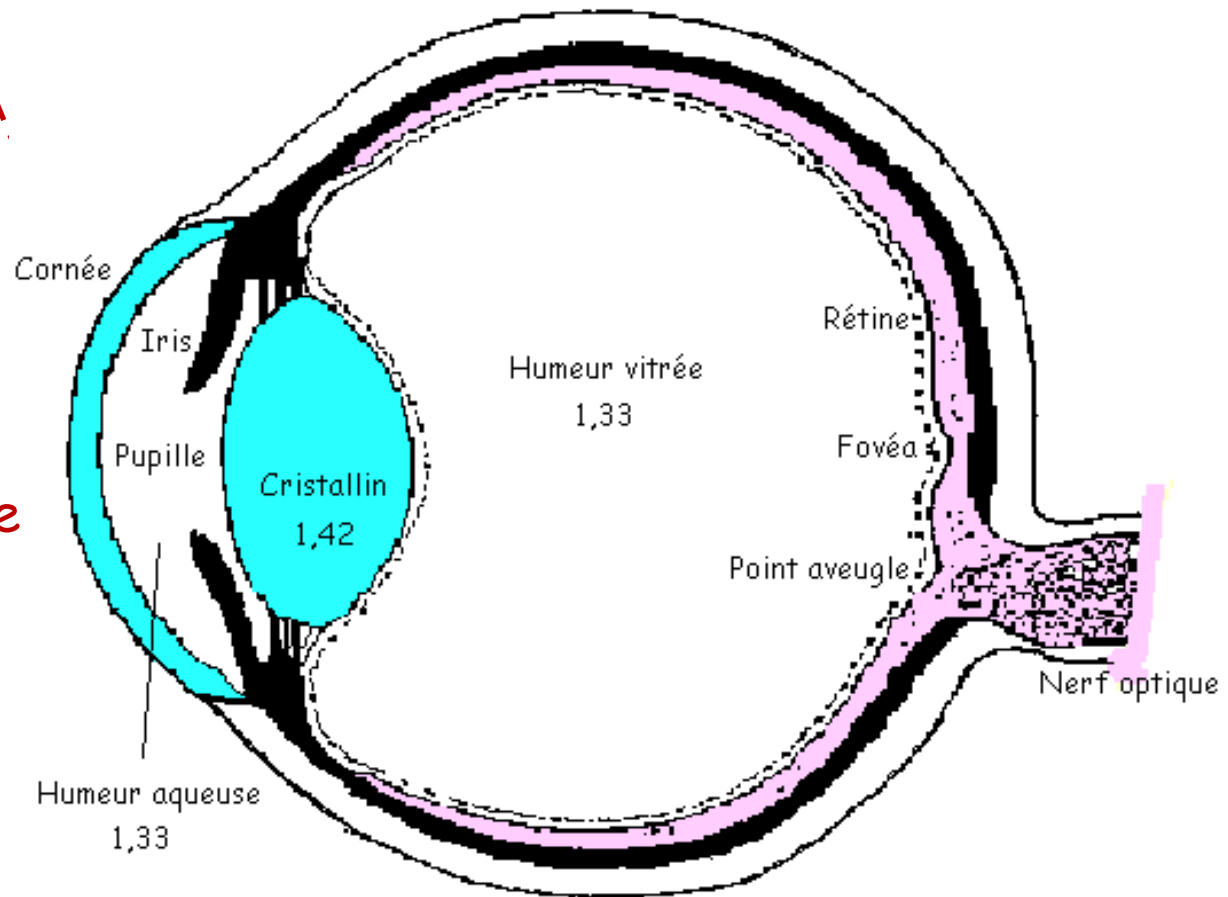
←-----→
7cm

Le **cristallin** est une sorte de **lentille**, non homogène, épaisse de 4 mm environ, formée de **couches superposées capables de glisser les unes sur les autres**. Son indice de réfraction croît de **1,36** sur les bords à **1,42** sur l'axe. Sa distance focale f' est donc **variable**.

Les **rayons de courbure** sont respectivement **10mm** pour la face antérieure et **6 mm** seulement pour la face postérieure. Il est à mentionner que le **cristallin** possède un diamètre d'environ **10 mm**.

4 mm & $n=1,336$

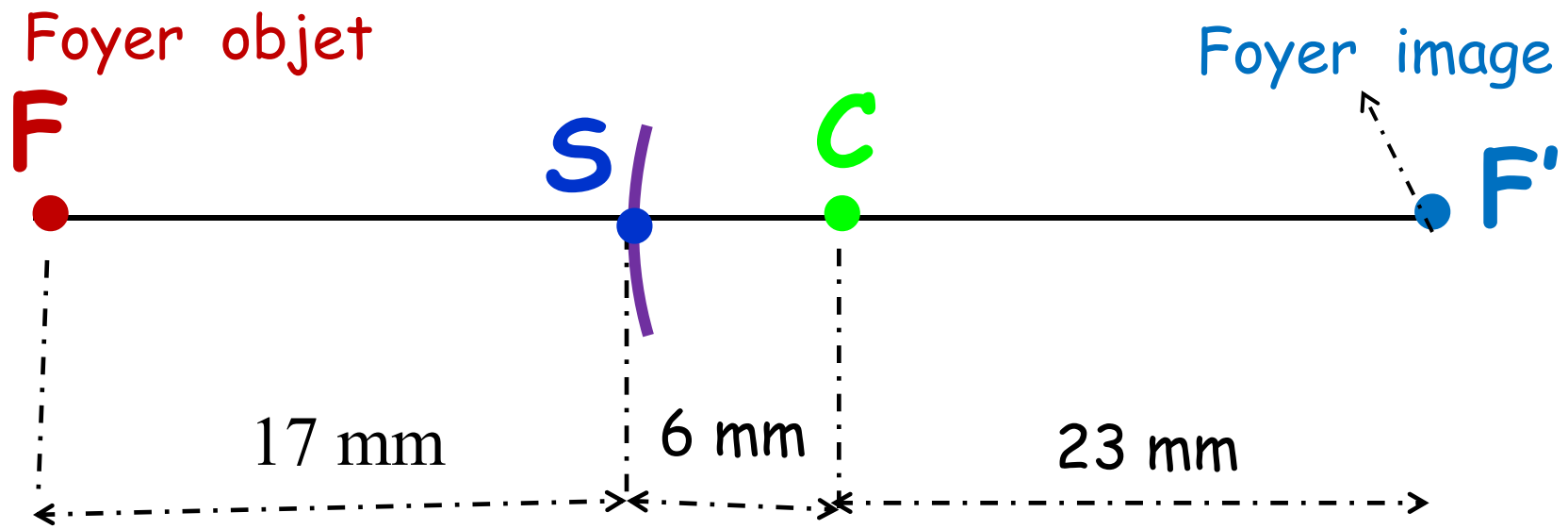
Chambre
antérieure



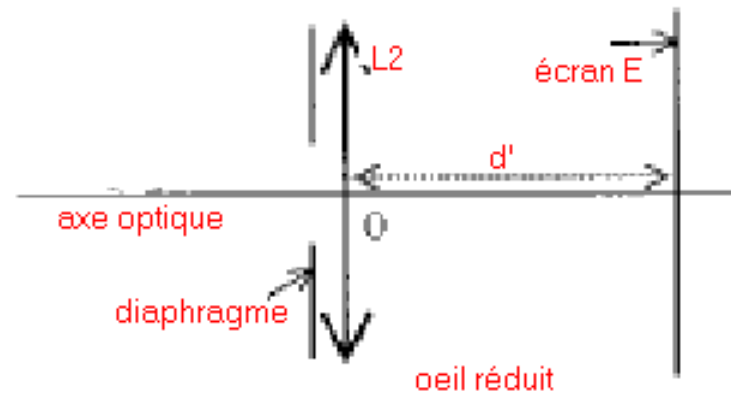
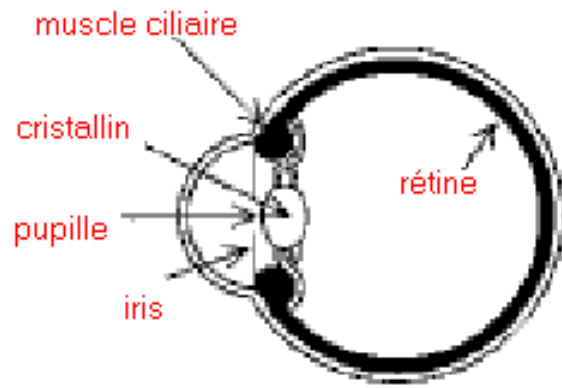
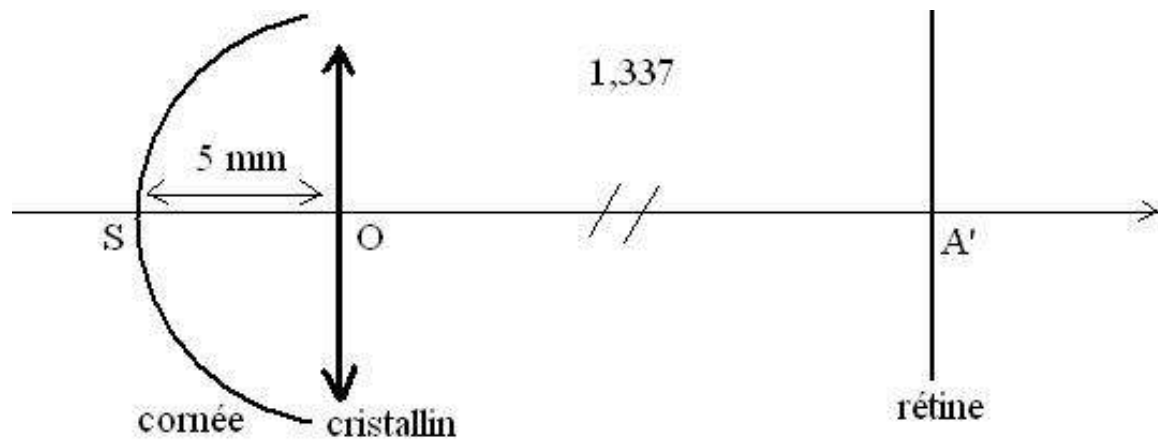
Taille de l'oeil normal : 25 mm

16 mm & $n=1,330$

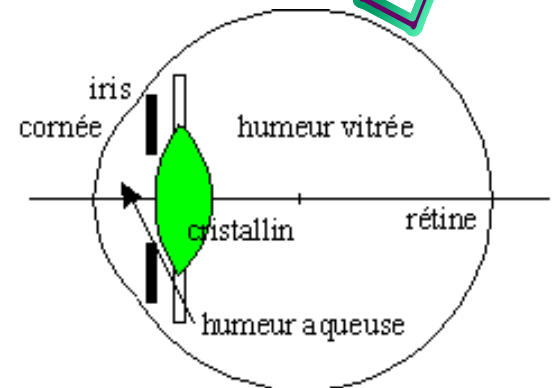
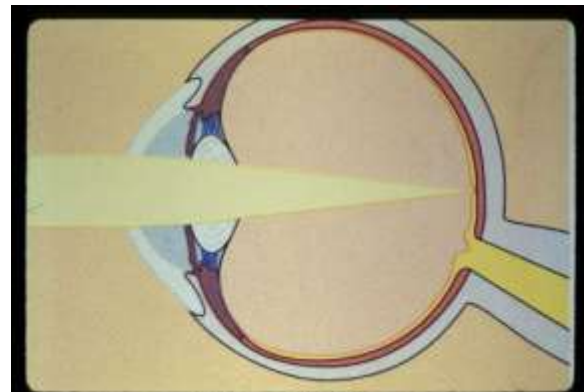
Au point de vue optique, l'œil est équivalent à un **dioptre sphérique** de sommet **S**, de centre **C**, de **6 mm** de rayon, séparant l'air d'indice 1 et le milieu d'indice **1,336** : ce dioptre est appelé œil réduit, représenté par le schéma :



L'œil réduit



L'oeil réduit



Pour **un œil normal**, l'image d'un objet d'abord très éloigné et puis rapproché de cet œil, se forme premièrement sur **la rétine** puis derrière la rétine et il cesse d'être **vu nettement**.

∞

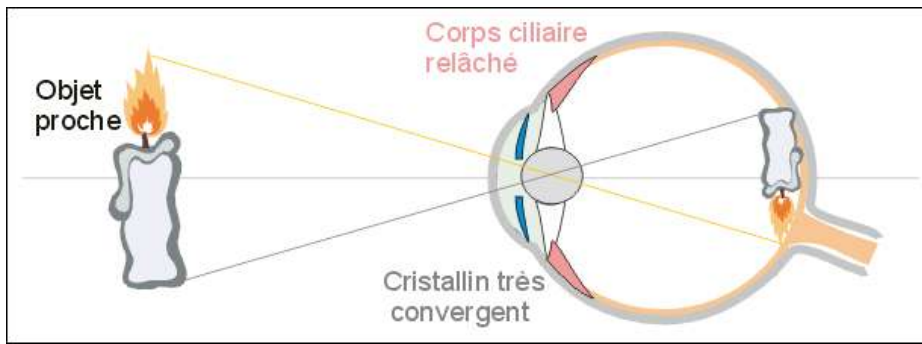
Zone de vision distincte



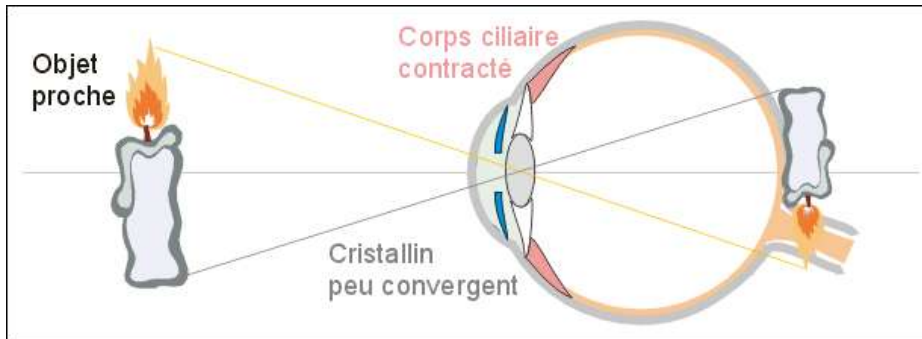
Or, on constate que **la vision reste bonne** : donc l'œil a subi une modification qui a pour effet de ramener **sur la rétine** l'image d'un objet rapproché : on dit que l'œil **accommode**.

L'accommodation se traduit par une augmentation de la **vergence** du **cristallin** grâce à un accroissement de la courbure des faces et peut-être à une variation d'indice.

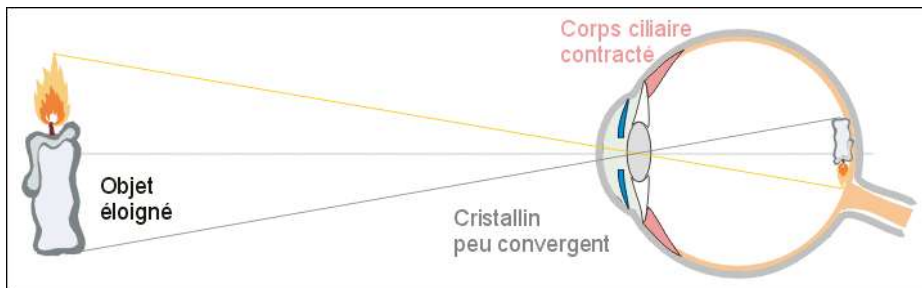
Ces déformations sont obtenues par pression des muscles de la zonule, principalement sur la face antérieure du cristallin ; cette action musculaire, si elle est prolongée, s'accompagne d'une fatigue.



repos



**Objet Flou sans
Accommodation**



**Objet net avec
Accommodation**

PR

Zone de vision distincte

PP



Plage d'accommodation

La zone de vision distincte est limitée par:

1. **P**unctum **P**roximum **PP** est le point le plus **proche** de l'œil.
2. **P**unctum **R**emotum **PR** est le point le plus **éloigné** de l'œil.

on peut définir le **P**unctum **P**roximum (**PP**) et le **P**unctum **R**emotum (**PR**) comme étant les points pour lesquels l'œil a sa **puissance (vergence) maximale** et **minimale**. Cette définition permet de fixer avec précision la position de **PP** et de **PR**.

Il est évident que l'accommodation, limitée par les possibilités musculaires de l'œil, ne joue plus en deçà du point **PP** Punctum Proximum situé à la distance minimale d_m de vision distincte.

Zone de vision distincte **PP**

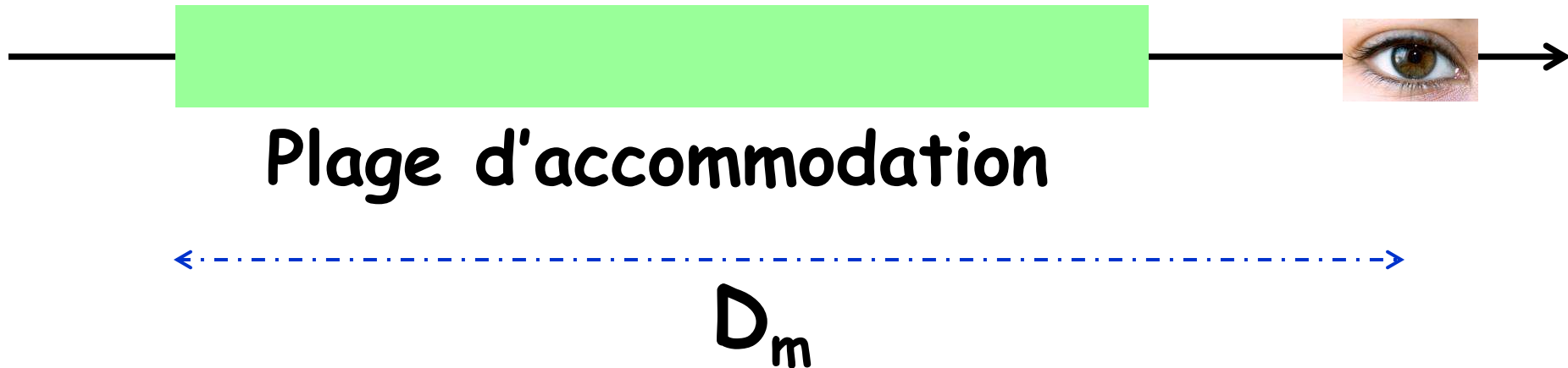


Cette **distance** d_m ne peut pas être définie avec précision, elle varie avec l'âge ; pour un œil normal, elle est de l'ordre de 15 cm à 20 ans.

L'œil ne voit l'image nette que si celle-ci se forme sur la rétine.

L'œil au repos, voit nettement à une distance maximale D_m correspondant au Punctum Remotum, noté PR.

PR Zone de vision distincte



En **accommodant**, l'œil **augmente sa vergence**, ce qui rapproche le plan de mise au point ; le **cristallin** est alors bombé. Le **Punctum Proximum PP** correspond donc à la **vergence V maximale** du cristallin et à la distance minimale d_m de vision distincte. Pour un œil normal d'adulte, le domaine de « vision nette » :

$$D_m = \infty \quad \text{et} \quad d_m = 25\text{cm}$$

Zone de Vision distincte

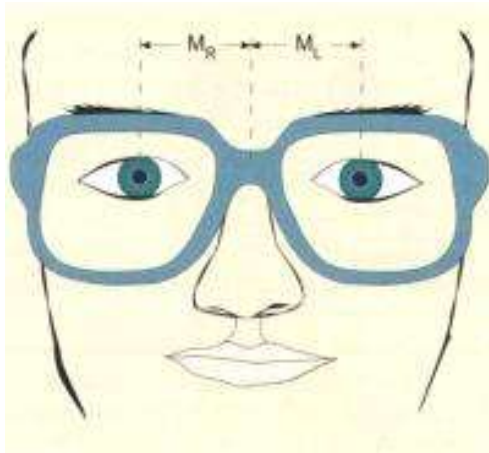
PR

D_m

PP d_m



Principaux défauts de l'œil



Principaux défauts de l'œil

L'œil normal

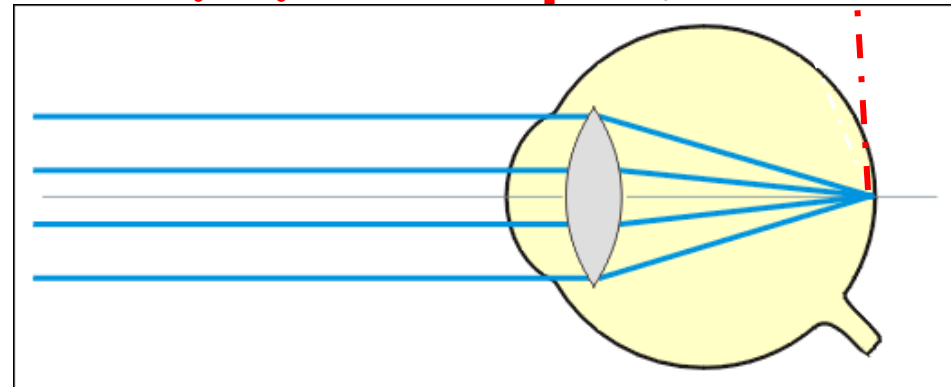


Nous considérons comme normal un œil qui, en l'absence d'accommodation, donne d'un objet à l'infini une image sur la rétine. Le point le plus éloigné qu'il peut voir ou Punctum Remotum PR est à l'infini.

L'œil normal est dit **emmétrope**. rétine

$$D_m = \infty \text{ et } d_m = 25\text{cm}$$

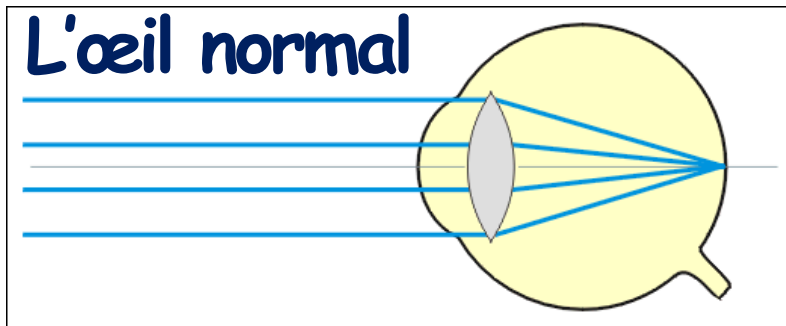
∞



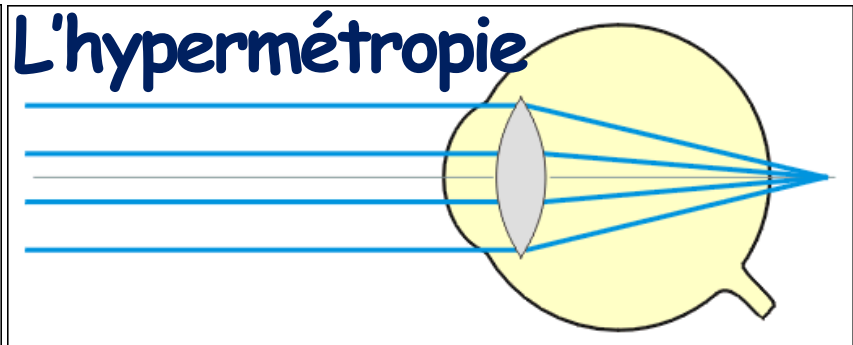
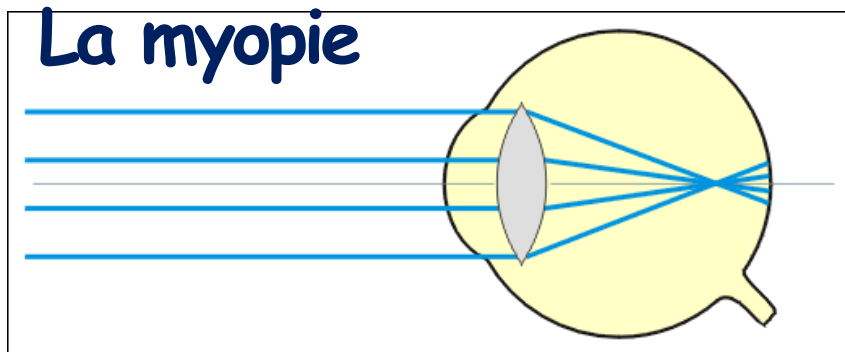
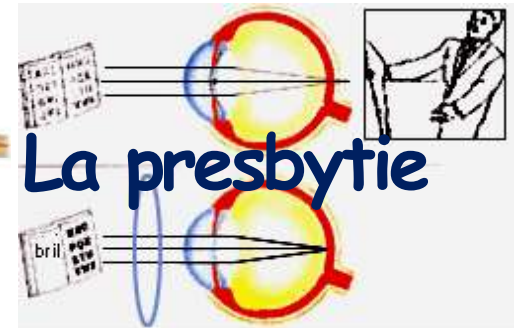
Si, un œil étant au **repos**, l'image d'un point à l'infini se forme en **avant** ou **en arrière** de la **rétine**, l'œil est dit **anormal** ou **amétrope**.

Les défauts d'accommodation les plus répandus sont **la myopie**, **l'hypermétropie** et **l'astigmatisme**.

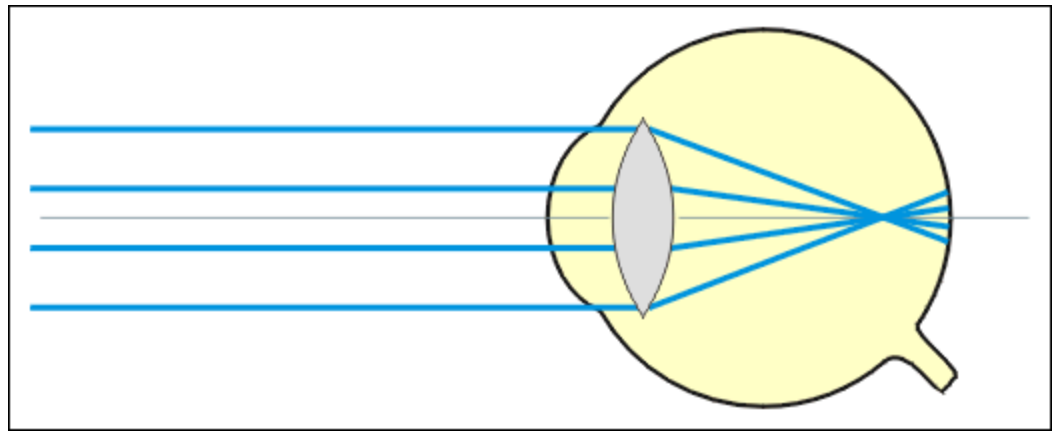
la presbytie est due au vieillissement du cristallin.



L'astigmatisme



L'œil myope



Un **œil myope** est trop convergent. Un œil est donc myope quand F' , son plan focal image, est en avant de la **rétine**. L'œil myope est donc trop profond pour sa convergence, si l'on admet que tous les yeux ont sensiblement la même puissance.

Au repos il **ne peut pas voir** un objet à l'infini, l'accommodation ne ferait qu'aggraver le défaut.

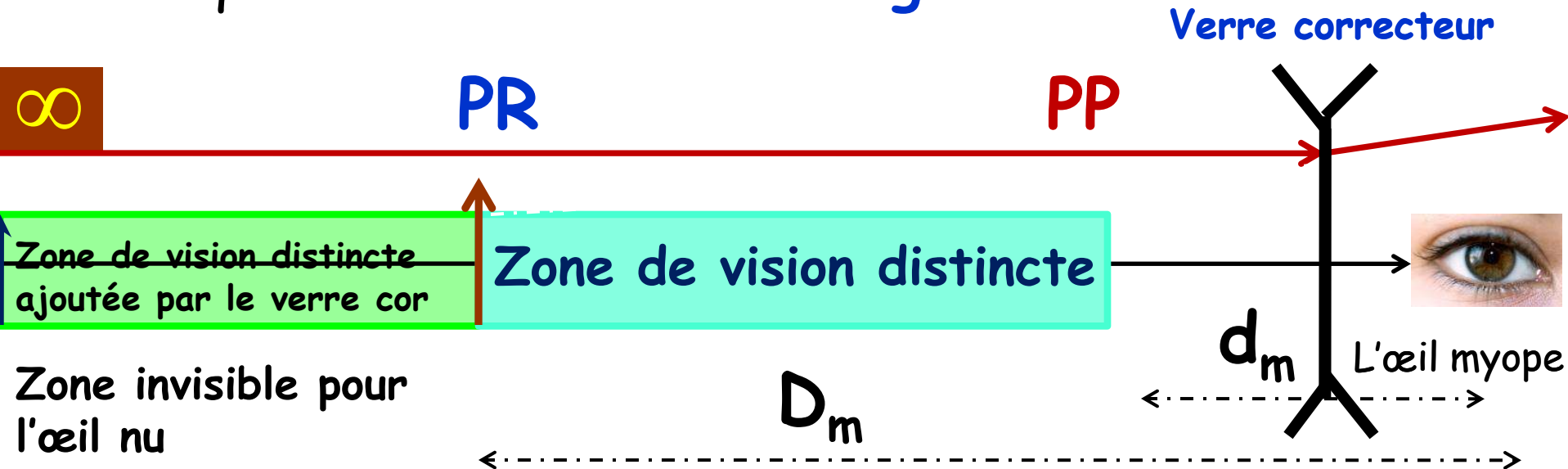
Si l'objet se rapproche, l'image se rapproche de la rétine et se forme sur elle, toujours en l'absence d'accommodation, quand l'objet atteint le Punctum Remotum de cet œil myope.

L'œil myope accommode pour voir les objets les plus rapprochés et atteint la limite au **Punctum Proximum**. Comme son **Punctum Reotum** n'est pas à l'infini, il est très proche. Sa zone de vision distincte est alors très réduite.

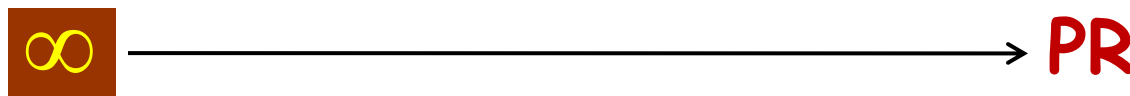


Comment élargir la zone de vision distincte de ce myope ?

Pour augmenter cette zone de vision distincte de ce **myope**, on utilise un verre correcteur dont le foyer principal image F' coïncide avec son **PR**, par conséquent le **verre est divergent**.

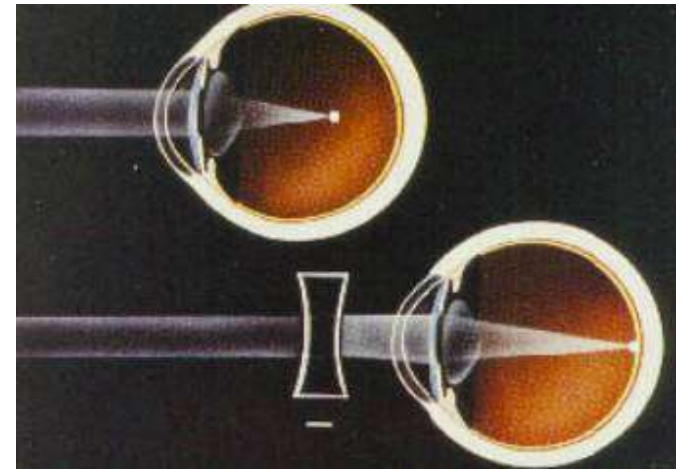


Verre correcteur



$$\Rightarrow \frac{1}{\underbrace{OPR}_{\text{image}}} - \frac{1}{\underbrace{\infty}_{\text{objet}}} = \frac{1}{\underbrace{f'}_{\text{lentille}}}$$

La myopie se corrige en plaçant devant l'œil une **lunette divergente** de distance focale le PR de cet œil myope : $f' = PR$



PR

PP < 20 cm

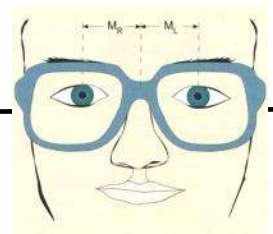
Zone de vision distincte très réduite



$\infty \leftarrow PR$

Zone de vision distincte agrandie

PP

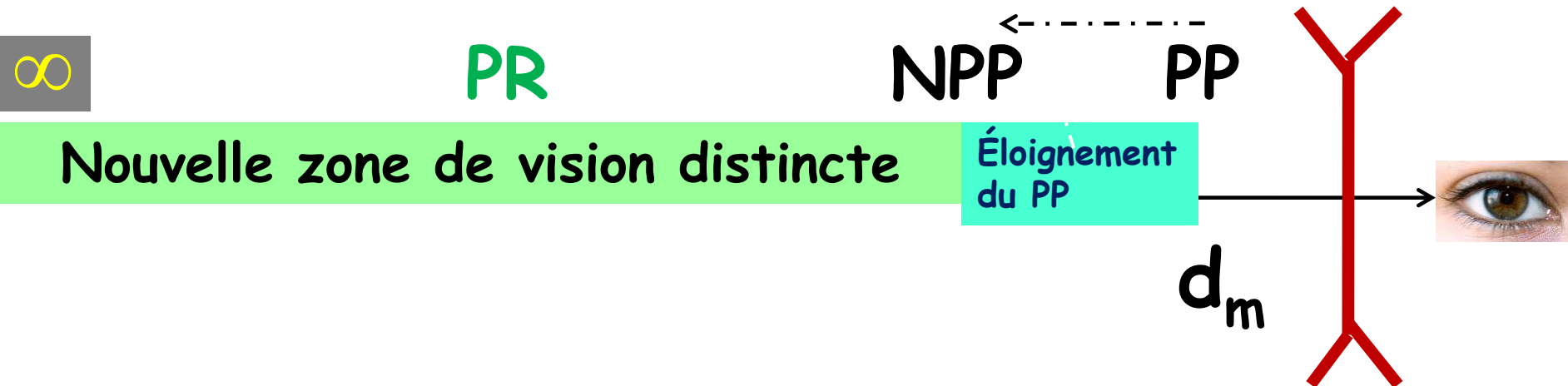


Remarque : Pour observer un objet situé avant le **P**onctum **P**roximum (**PP**) le myope a intérêt à retirer ses **lunettes** : accommodation moindre sans verres correcteurs.

$$\frac{1}{PP} - \frac{1}{PP'} = \frac{1}{f'} = \frac{1}{PR} \Rightarrow$$

$$PP' = NPP = \frac{PR \cdot PP}{-PP + PR} = \frac{f' \cdot PP}{-PP + f'}$$

Position du nouveau PP



$$PP = -25\text{cm} \quad PR = -100\text{cm} \Rightarrow NPP = -33\text{cm} \quad NPR = \infty$$

$$\text{PP} \xrightarrow[\text{correcteur}]{\text{verre}} (\text{PP})'$$

$$\frac{1}{d_m'} - \frac{1}{d_m} = V$$

$$\text{PR} \xrightarrow[\text{correcteur}]{\text{verre}} (\text{PR})' \quad \frac{1}{D'} - \frac{1}{D} = V$$

$$\frac{1}{d_m'} - \frac{1}{d_m} = V, \quad \frac{1}{D'} - \frac{1}{D} = V$$

$d'ou$

$$\frac{1}{D} - \frac{1}{d_m} = \frac{1}{D'} - \frac{1}{d_m'} = A$$

L'amplitude dioptrique A mesure la vergence du verre qui donnerait du **PP** une image située au **PR**.

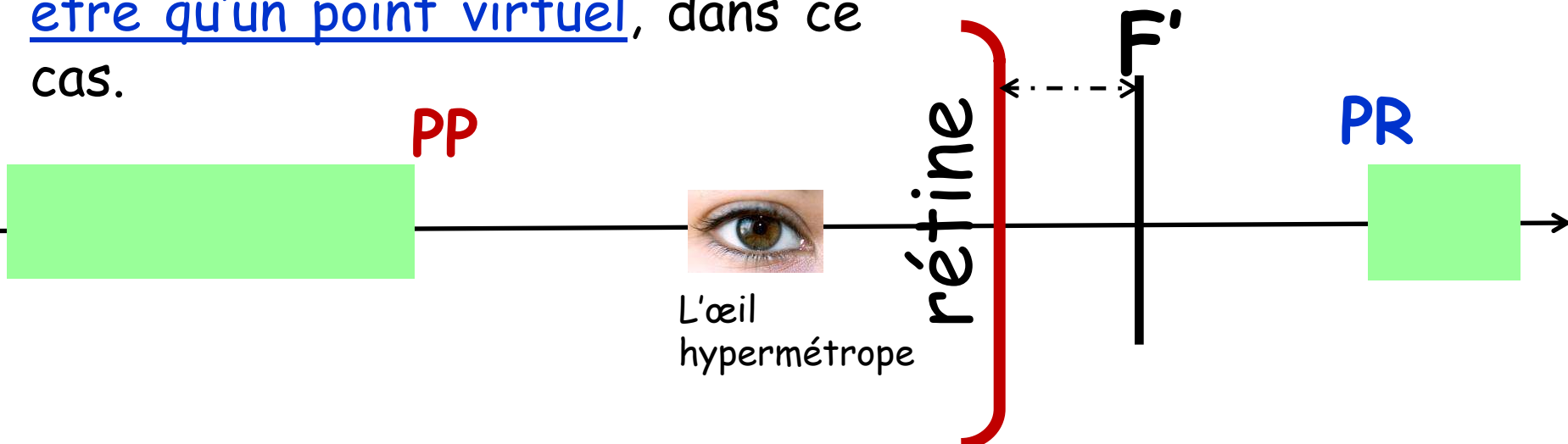
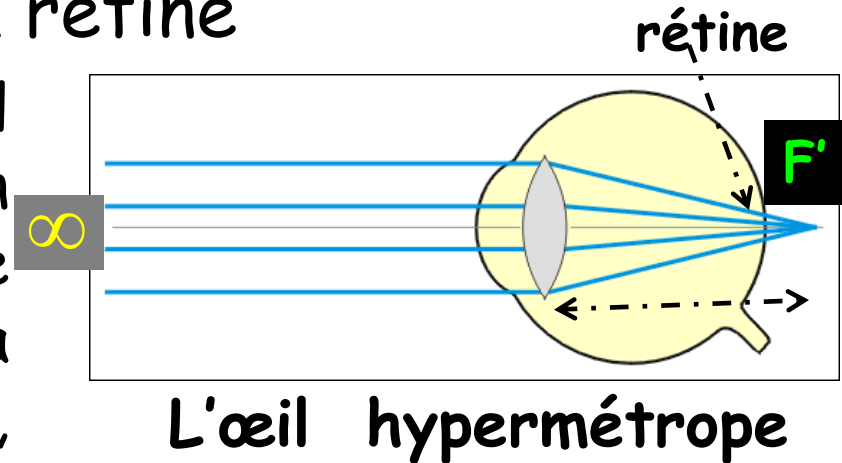
Ce résultat n'est valable qu'en cas où le verre placé contre l'œil.

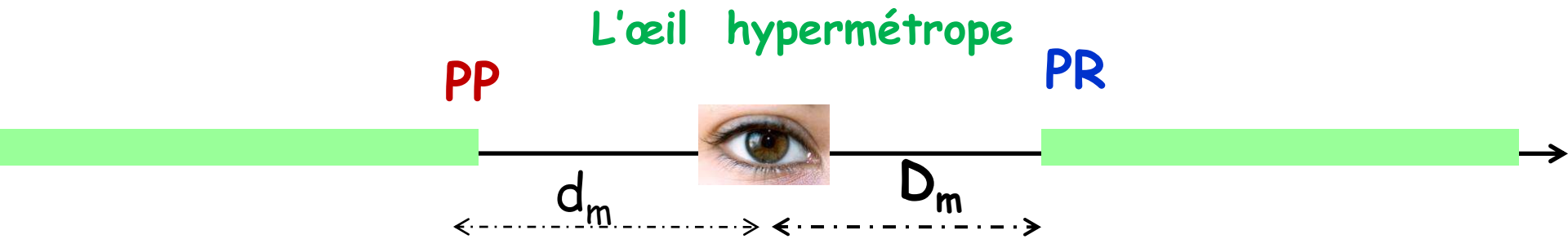
Il y a conservation de l'amplitude dioptrique pour un œil auquel on adjoint un verre de vergence V .

Le **(PP)'** et le **(PR)'** de l'œil corrigé sont les points admettant le **PP** et le **PR** de l'œil nu, avec un défaut, comme conjugués dans le verre.

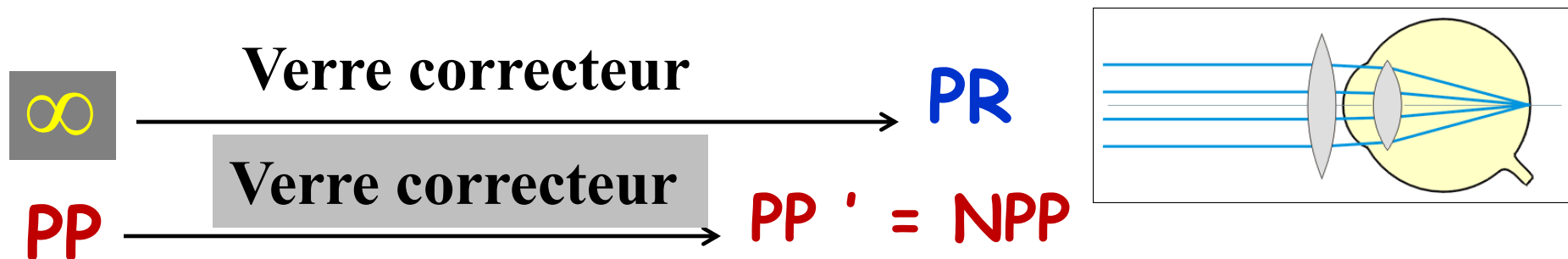
L'œil hypermétrope est trop court pour sa convergence, c'est-à-dire il n'est pas assez convergent. L'image F' d'un point situé à l'infini est alors placée derrière la rétine

Le foyer image F' de cet œil hypermétrope au repos, est en arrière de la rétine et comme le conjugué du PR doit être sur la rétine de l'œil non accommodé, donc en avant de F' , PR ne peut être qu'un point virtuel, dans ce cas.





Il faut **accommoder** pour voir les **objets virtuels situés en arrière de PR** et les **points réels situés en avant du PP**, lequel est plus loin que dans le cas de l'œil normal. Sa distance minimale d_m peut être égal à 50 cm ou plus. **L'hypermétropie** se corrige en plaçant devant l'œil une **lunette convergente**.

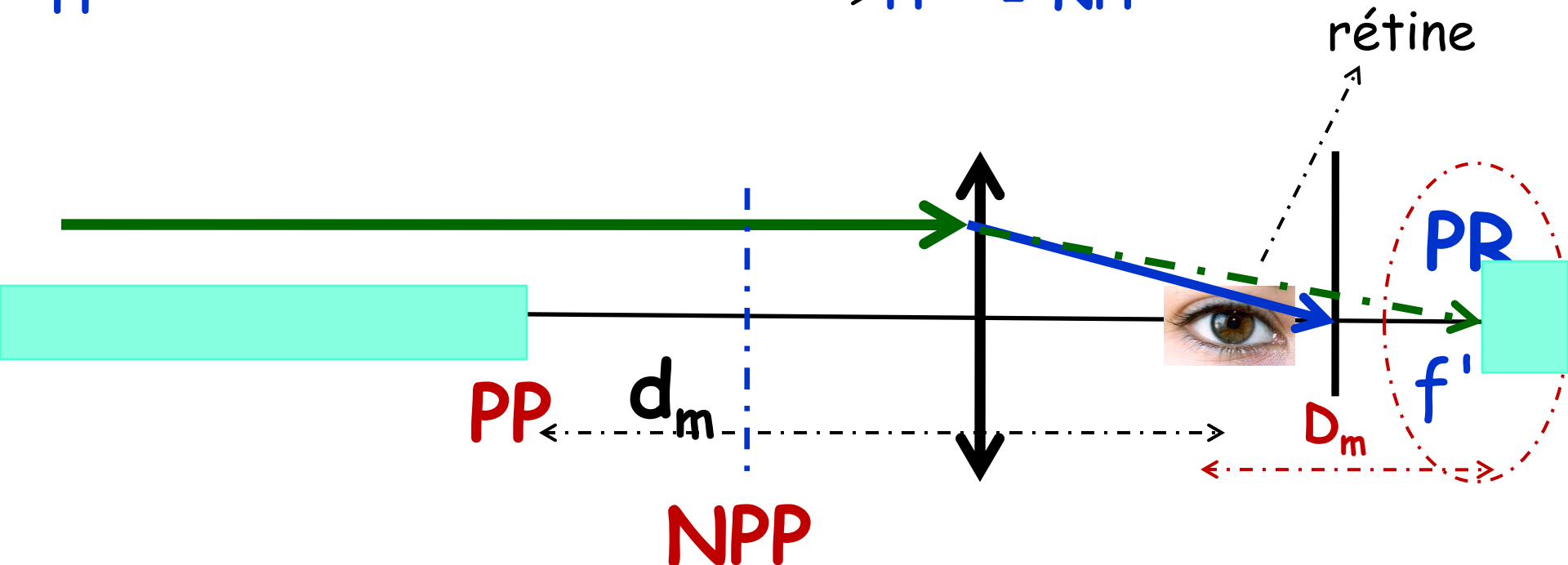


Pour un **œil hypermétrope**, le verre correcteur est convergent, $V > 0$, il doit augmenter la faible convergence de cet œil

∞ Verre correcteur $\rightarrow$ PR

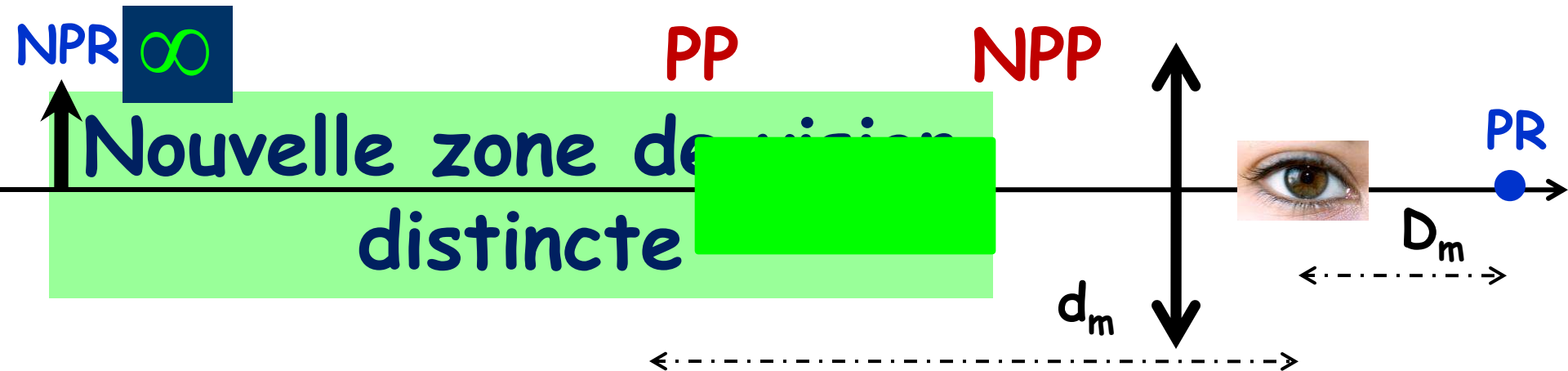
$$\frac{1}{PP} - \frac{1}{PP'} = \frac{1}{f'} = \frac{1}{PR}$$

PP Verre correcteur $\rightarrow$ PP' = NPP



Exemple

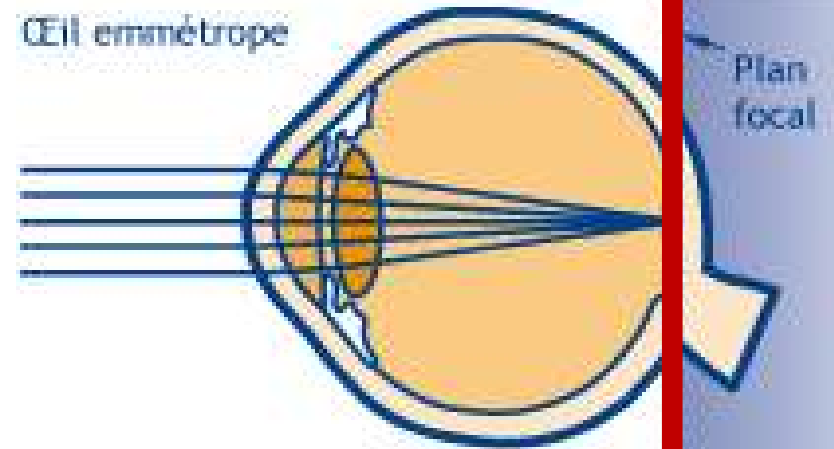
$$PP = -70\text{cm} \quad PR = 20\text{cm} \Rightarrow NPP = -14\text{cm} \quad NPR = \infty$$



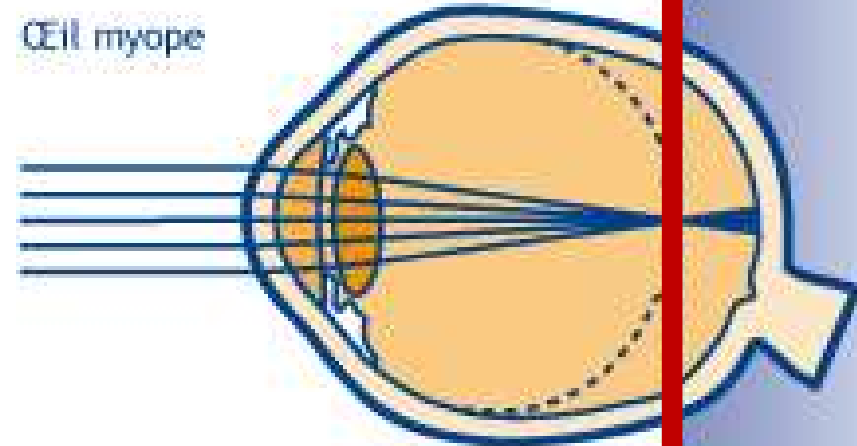
$$\frac{1}{PP} - \frac{1}{PP'} = \frac{1}{PR} \Rightarrow PP' = NPP = \frac{PR \cdot PP}{-PP + PR}$$

$$PP \xrightarrow{\text{Verre correcteur}} PP' = NPP$$

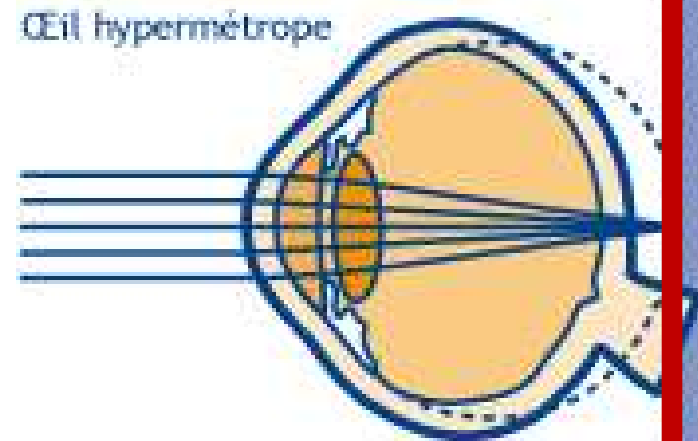
l'œil normal



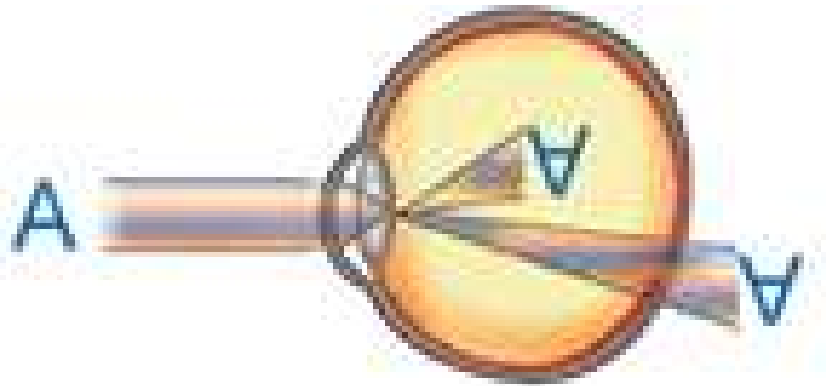
L'œil myope



L'œil hypermétrope



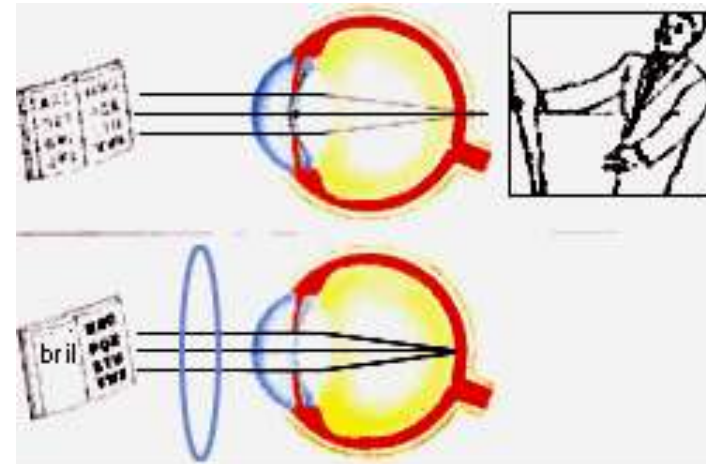
Astigmatisme : Il y a astigmatisme de l'œil lorsque celui-ci ne possède pas la symétrie de révolution. On corrige ce défaut à l'aide de verres non sphériques.



Presbytie : La faculté d'accommodation, liée à un effort musculaire, diminue avec l'âge : le **PP** s'éloigne progressivement de l'œil, le **PR** restant à peu près fixe.

L'amplitude dioptrique **A** diminue et, pour un **œil emmétrope**, passe d'une dizaine de dioptries, à 20 ans, à 1 dioptrie vers 60 ans. On dit que l'œil devient **presbyte**.

La **presbytie** est alors la diminution de la faculté d'accommodation due au vieillissement de l'œil.



Un œil normal, devenu presbyte, voit encore nettement les objets éloignés, mais pour voir de près, pour lire par exemple, il doit compenser l'insuffisance de l'accommodation par l'emploi de lunettes munies de lunettes convergentes.

Puisque le Punctum Proximum s'éloigne, la puissance maximale de l'œil diminue et l'on atténue la presbytie en adjoignant à l'œil, un verre convergent.

Il s'ensuit un rapprochement du Punctum Remotum et en définitive l'amplitude de l'œil armé reste celle de l'œil nu.

Bien entendu, un observateur à une **vue normale** devenu **presbyte** quitte ses lunettes pour regarder les objets éloignés qu'il continue à voir sans accommodation.

Étant donné son origine, **la presbytie** peut affecter toutes les vues, si bien qu'un **myope presbyte** doit utiliser deux verres correcteurs :

- **L'un divergent**, pour la vision des objets éloignés, corrige la **myopie**,
- L'autre, **convergent**, pour la vision d'objets proches, réduit la **presbytie**.

On remplace souvent ces deux verres par un seul « à double foyer » :

- La partie supérieure est utilisée pour la vision éloignée,
- Celle du bas, destinée à la lecture, est rendue plus convergente par soudure d'une pastille de verre.





La cataracte est un épaissement des tissus du **cristallin** entraînant d'abord **une vision trouble**, puis peu à peu **la cécité**.

On est alors conduit à enlever le **cristallin**, ce qui diminue la convergence de l'œil d'une douzaine de dioptries.



On atténue ces diminutions physiques par l'emploi des verres fortement convergents ou de verres de contact.

