

**Travaux Dirigés d'optique géométrique Module Physique. S.M.I.A.**  
**Série 3 : Les Instruments optiques : Œil, Loupe, Microscope, Lunette astronomique**

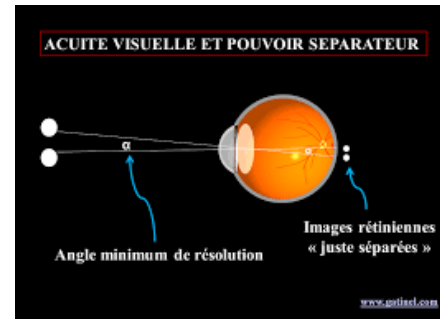
**Chapitre 8 : L'œil humain et ses défauts de vision**

**Exercice 1 : L'œil emmétrope**

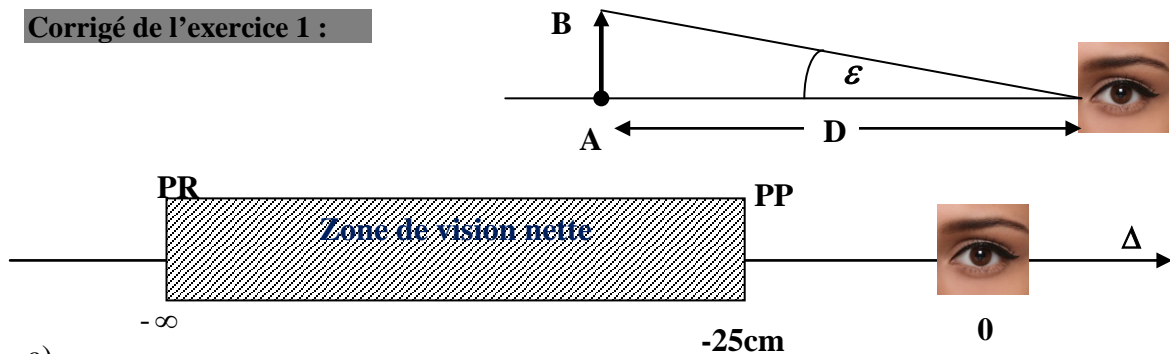
Soit un œil normal dont le pouvoir de séparation est de  $\varepsilon = 1'$ , le Punctum Remotum PR est infini et le Punctum Proximum PP est situé à 25 cm devant l'œil.

a- Quelle distance minimale doit séparer deux points lumineux pour que cet œil puisse les distinguer à une distance de 100 m ?

b- Sachant que la distance cristallin-rétine vaut 15 mm, calculer les valeurs extrêmes de la vergence du cristallin de cet œil.



**Corrigé de l'exercice 1 :**



a)

$$\operatorname{tg}(\varepsilon) \approx \varepsilon = \frac{\overline{AB}}{D} \Rightarrow \boxed{\overline{AB} = \varepsilon \cdot D}$$

Il faut convertir l'angle de la minute,  $\varepsilon = 1'$  à l'unité du radian (rd)

$$\varepsilon = 1' \rightarrow \frac{1}{60} \rightarrow \frac{\pi}{180} \times \frac{1}{60} = \frac{\pi}{108} \times 10^{-2} \text{ rd}$$

$$60' \rightarrow 1^\circ \rightarrow \frac{\pi}{180}$$

$$90^\circ \rightarrow \frac{\pi}{2}$$

Application numérique :  $\overline{AB} = \varepsilon \cdot D = \frac{\pi}{108} \times 10^{-2} \text{ rd} \cdot 10 \cdot 10^3 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$

b) **L'œil au repos**, voit nettement à une distance maximale  $D_m$  correspondant au **Punctum Remotum**, noté **PR**. Dans cet exemple, le **PR** est rejeté à l'infini, donc l'œil voit sans effort ce qui correspond à une vergence minimale du Cristallin :

$$\overline{AB} \rightarrow \text{PR} = -\infty \Rightarrow V_{\text{Cristallin}} = V_{\text{min imale}} \quad \boxed{D_m = \infty \text{ et } d_m = 25 \text{ cm}}$$

$$\overline{AB} \xrightarrow{\text{Cristallin}} \overline{A'B'} \quad \text{D'où la relation de conjugaison : } \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'} = V_{\text{Cristallin}}$$

$$\overline{AB} \rightarrow \text{PR} = -\infty \Rightarrow V_{\text{Cristallin}} = V_{\text{min imale}}$$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'} = V_{\text{Cristallin}} \Rightarrow \frac{1}{15 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'} = V_{\text{Cristallin}} = \frac{1000}{15} = \frac{200}{3} = 66,7 \delta = V_{\text{min imale}}$$

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

**maximale**  $V_{\text{maximale}}$  **du cristallin** et à la **distance minimale dm** de **vision distincte**. Donc, l'œil voit avec le maximum d'effort du cristallin, un objet AB situé sur le **PP** ; ce qui correspond à une vergence maximale du Cristallin :

$$\overline{AB} \rightarrow PP = -25\text{cm} \Rightarrow V_{\text{Cristallin}} = V_{\text{maximale}}$$

$$\overline{AB} \xrightarrow{\text{Cristallin}} \overline{A'B'} \quad \text{D'où la relation de conjugaison : } \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'} = \frac{1}{f'} = V_{\text{Cristallin}}$$

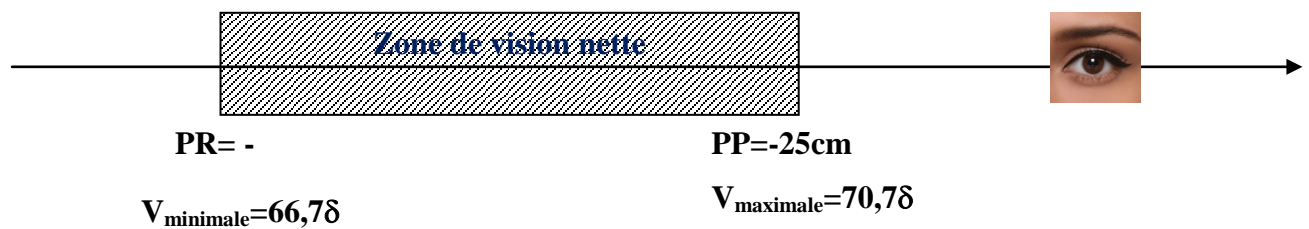
$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'} = \frac{1}{f'} = V_{\text{Cristallin}} \Rightarrow \frac{1}{15 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{-25 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{OF'} = \frac{1}{f'} = V_{\text{Cristallin}} = \frac{1000}{15} + \frac{100}{25} = 66,7 + 4 = 70,7\delta = V_{\text{maximale}}$$

Pour un œil normal d'adulte, le domaine de « vision nette » est défini alors comme suit :

$$\boxed{D_m = \infty \quad \text{et} \quad d_m = 25\text{cm}} \quad \boxed{PR = -\infty \quad \text{et} \quad PP = -25\text{cm}} \quad \text{donc la vergence du Cristallin sera}$$

comprise entre  $V_{\text{minimale}}=66,7\delta$  et  $V_{\text{maximale}}=70,7\delta$ .

$$\boxed{PR = -\infty \quad \text{et} \quad PP = -25\text{cm}} \Rightarrow V_{\text{minimale}} = 66,7\delta \leq V_{\text{Cristallin}} \leq V_{\text{maximale}} = 70,7\delta$$



### Exercice 2 : l'œil réduit

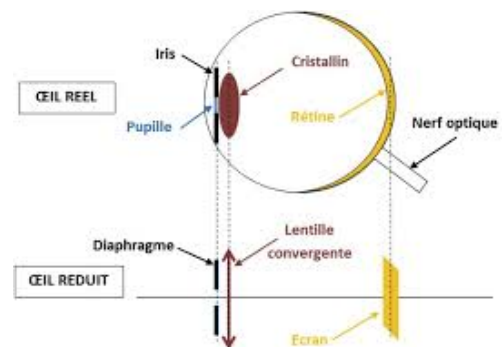
Youssef observe à l'œil nu une mosquée éloignée. La hauteur apparente de la mosquée est de  $\epsilon=10^\circ$ .

1) Quels sont les éléments optiques essentiels de l'œil réel et quel est leur rôle respectif ?

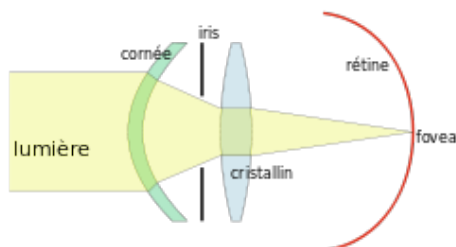
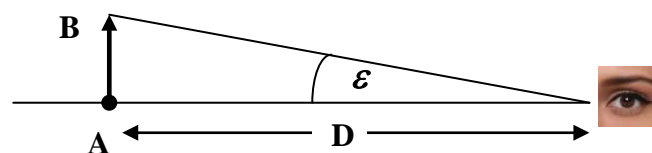
2) Décrire le modèle de l'œil réduit et le mettre en correspondance avec l'œil réel.

3) En schématisant la mosquée par un objet AB situé à l'infini, faire un schéma, sans souci d'échelle, de l'œil réduit, et construire l'image A'B' de la mosquée. Justifier le tracé des rayons.

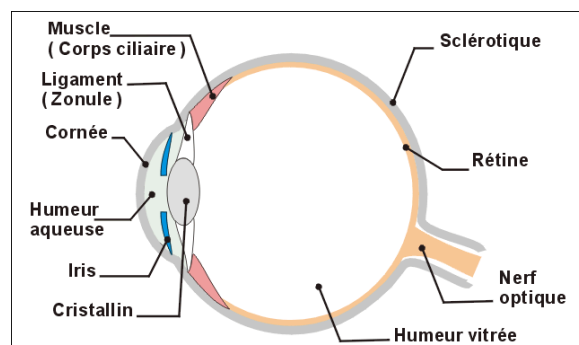
4) La distance focale de la lentille de l'œil réduit a pour valeur 17 mm. Quelle est alors la vergence de cette lentille ? Quelle est alors la taille de l'image obtenue sur l'écran ?

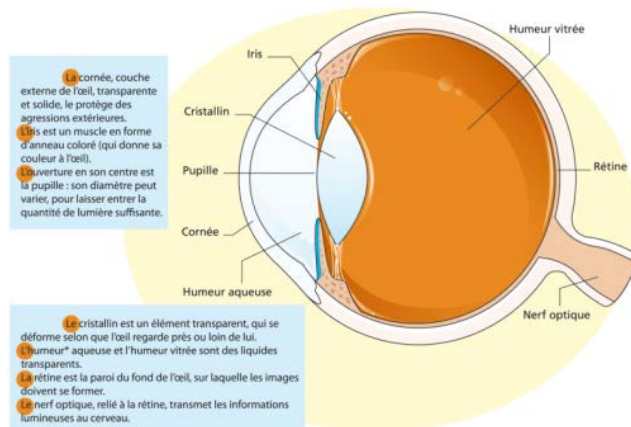


### Corrigé de l'exercice 2:

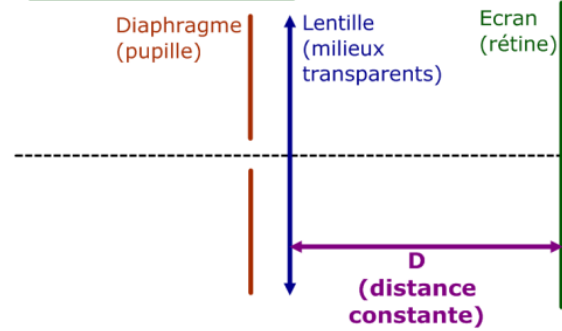


Anatomie de l'œil : Schéma descriptif





### Modélisation de l'oeil

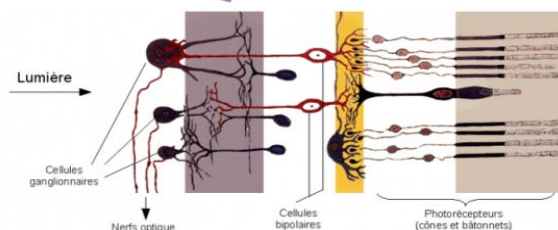
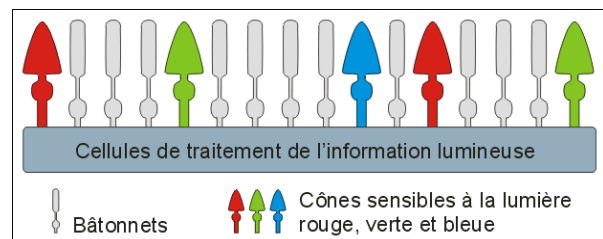
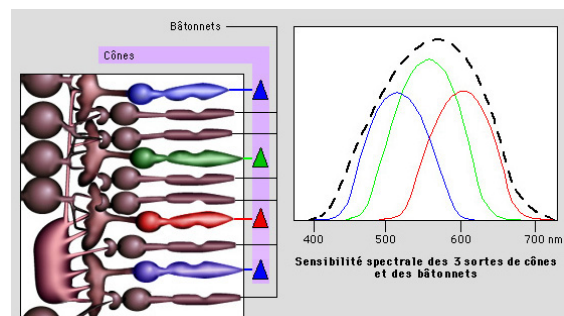
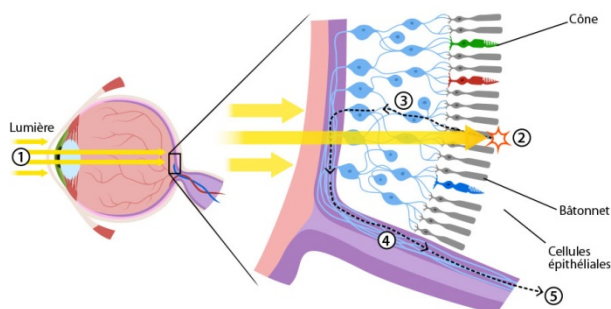
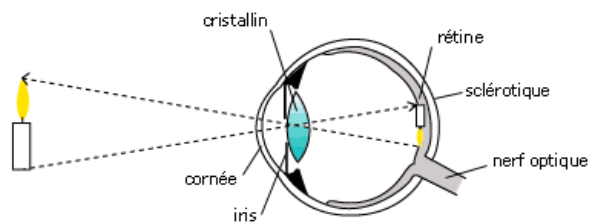
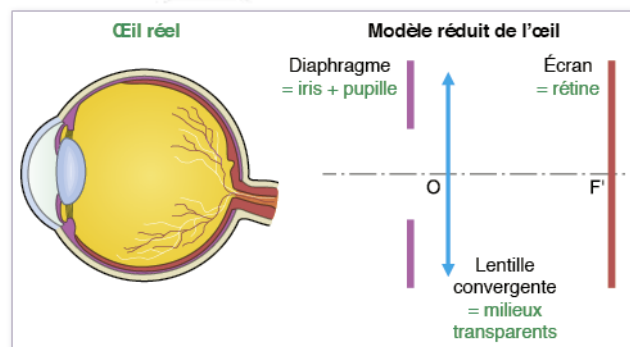
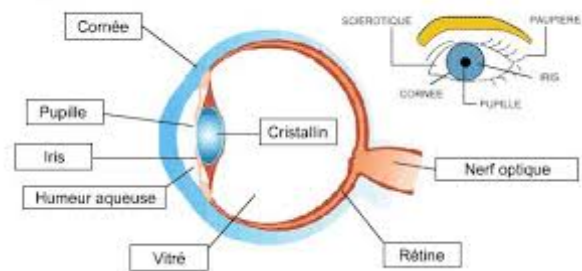


**L'œil réduit : Lentille convergente diaphragmée et un écran de projection placé derrière la lentille convergente.**

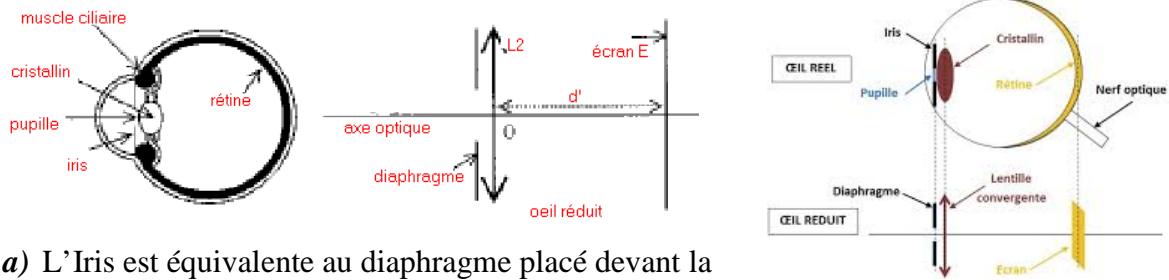
**1- Les éléments optiques essentiels de l'œil réel sont : L'Iris**, jouant le rôle du **diaphragme**, sert à réduire la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil afin de former l'image A'B' de l'objet observé AB. **Le Cristallin**, avec la **Cornée**, l'**Humeur aqueuse**, l'**Humeur vitrée**, jouent ensemble le rôle de la **lentille convergente**

qui assure la formation de l'image A'B' de l'objet AB sur la **Rétine** qui joue le rôle de l'écran de projection sur lequel l'image A'B' se forme ; il s'agit de l'image rétinienne. Cette **Rétine** est composée de **plusieurs millions de cellules** qui se subdivisent en deux catégories : **les trois Cônes, Rouge, Vert et Bleu**, qui assurent l'**observation des couleurs** et les **Bâtonnets** qui assurent la **vision nocturne** sans couleur, c'est-à-dire en noir et blanc.

### Anatomie de l'oeil



2- De point de vue optique, l'œil réduit est composé d'une Lentille convergente diaphragmée par une ouverture réglable et d'un écran placé derrière cette lentille, comme l'indique le schéma ci-dessous :



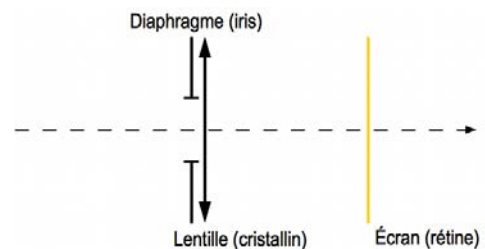
a) L'Iris est équivalente au diaphragme placé devant la lentille convergente pour l'œil réduit.

b) Le Cristallin est équivalent à la lentille convergente pour l'œil réduit.

c) La Rétine est équivalente à l'écran placé derrière la lentille convergente pour l'œil réduit.

Cet œil normal est modélisé par **un œil réduit**

constitué par une **lentille mince convergente** de centre optique O et de **distance focale  $f'$  variable** et **un écran de projection**, placé derrière cette lentille à une position fixe de 17mm, correspond à la position de **la rétine**. Le diaphragme placé devant la lentille correspond à **l'iris situé devant le Cristallin pour l'œil**. **L'Iris**, membrane qui donne une couleur aux yeux, capable de régler son ouverture, la pupille, donc de **réguler la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil**.



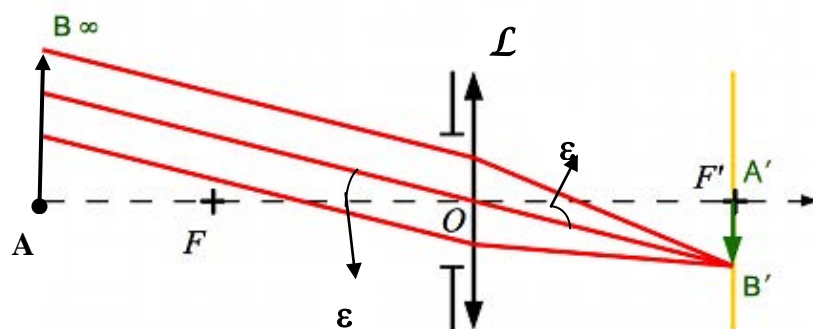
**Les parties de l'œil réel** qui simulent **la lentille mince convergente** sont : **La Cornée**, **l'humeur aqueuse** et **le Cristallin**.

**Le rôle de l'Iris d'un œil est réguler la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil**. L'iris agit sur la pupille pour augmenter ou réduire d'avantage cette ouverture, afin de laisser passer ou réduire la quantité de lumière envoyé par l'objet observé.

Il permet d'éviter l'éblouissement d'un œil, dans le cas d'une source de lumière de très fort flux. En plus, de point de **vue esthétique**, **l'Iris assure la couleur des yeux**. **La distance de 17 mm** représente **la position de la rétine par rapport au cristallin**. Cette distance est d'avance fixée. L'observation nette des objets est assurée par le **changement de la vergence**, donc de la distance focale, **du Cristallin**.

Dans une expérience de laboratoire, **l'iris** est modélisé par un **diaphragme** dont l'ouverture est réglable.

3-



4- L'image A'B' de la mosquée AB, située à l'infini, est formée par la lentille convergente  $\mathcal{L}$  sur le plan focal image, plan perpendiculaire à l'axe optique D et coupant cet axe au point F', comme l'indique la figure ci-dessus, tel que :  $\Rightarrow \overline{OF'} = f' = \overline{OA'} = +17,0\text{mm}$  et la vergence

de la lentille convergente  $\mathcal{L}$  est  $\Rightarrow V = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'} = \frac{1}{+17,0 \cdot 10^{-3}} = \frac{1000}{17} = 58,8\delta$

5- La taille de l'image A'B' obtenue sur l'écran est :

$$\overline{A'B'} = \alpha_{rd} \cdot \overline{OF'} = \frac{\pi}{18} \times (+17,0 \cdot 10^{-3}) = 2,97 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2,97 \text{ mm}$$

### Exercice 3 : Correction de l'acuité visuelle. La Myopie

A- Une personne dont le Punctum Proximum (PP) se situe à 15 cm, a une amplitude dioptrique d'accommodation  $A = 5$  dioptries.

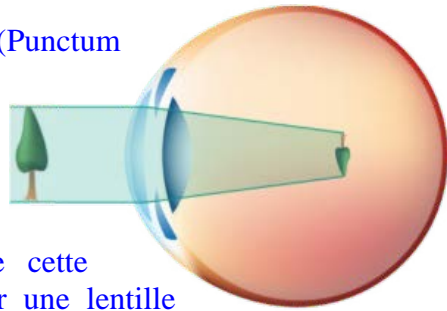
1. Qu'appelle-t-on les Punctum Proximum (PP) et Punctum Remotum (PR) ?

Faire un schéma.

2. Calculer la distance maximale de vision distincte (Punctum Remotum PR) de cette personne.

3. Quel défaut de vision présente cette personne ?

4. Faire un schéma illustrant la zone de vision distincte de cette personne en précisant les positions de ses 2 Punctums (PP) et (PR).



B- Dans le but de corriger l'acuité visuelle de cette personne, un ophtalmologiste lui propose de porter une lentille mince correctrice  $\mathcal{L}$  dont le centre optique O est confondu avec le sommet de son œil. Cette correction permet alors à cette personne de voir les objets situés à l'infini sans accommoder. Les résultats demandés seront exprimés avec la précision de  $10^{-2}$ .

a) Précisez la nature de la lentille correctrice  $\mathcal{L}$ . Justifier.

b) Déterminer la distance focale  $f'$  et la vergence  $V$  de cette lentille  $\mathcal{L}$  ?

c) Quelles sont alors les limites de la nouvelle zone de vision distincte de cette personne avec la lentille correctrice  $\mathcal{L}$  ?

d) Faire un schéma illustrant cette nouvelle zone de vision distincte de cette personne. Comparer cette nouvelle zone à celle de la question n°3.

e) En déduire alors l'inconvénient de ce procédé de correction de l'acuité visuelle de cette personne ?

#### Corrigé de l'exercice 3 :

**A- Rappel de cours :** Le **Punctum Proximum**, noté **PP** est le point le plus proche où la vision est nette pour un œil. Le **Punctum Remotum**, noté **PR** est le point le plus éloigné où la vision est nette pour un œil. La zone de vision nette, distincte, pour un œil quelconque est la zone délimitée par le **Punctum Proximum**, **PP** et par le **Punctum Remotum**, **PR**.



1- L'**amplitude dioptrique**  $A$  mesure la **vergence** du **verre hypothétique** qui donnerait du **PP**, **Punctum Proximum**, une image située sur le **PR**, **Punctum Remotum**. La relation de conjugaison qui traduit cette transformation s'exprime comme suit :

Il y a conservation de l'**amplitude dioptrique**  $A$  pour un œil auquel on adjoint un **verre correcteur** de **vergence**  $V$ , dans le cas d'un œil présentant un défaut de vision. Le **NPP**, **Nouveau Punctum Proximum**, et le **NPR**, **Nouveau Punctum Remotum**, de l'**œil corrigé** sont les points admettant le **PP** et le **PR** de l'œil nu, avec un défaut, comme conjugués dans ce verre correcteur.

$$\frac{1}{PR} - \frac{1}{PP} = A$$

2-

PP=-15,0cm et  $A=5,00\delta$

$$\frac{1}{PR} - \frac{1}{PP} = A$$

$$PR = \frac{PP}{1 - A \cdot PP} = \frac{-15.}{1 + 5 \times 15.10^{-2}} = -60cm$$

D'où la position du **Punctum Remotum** est :

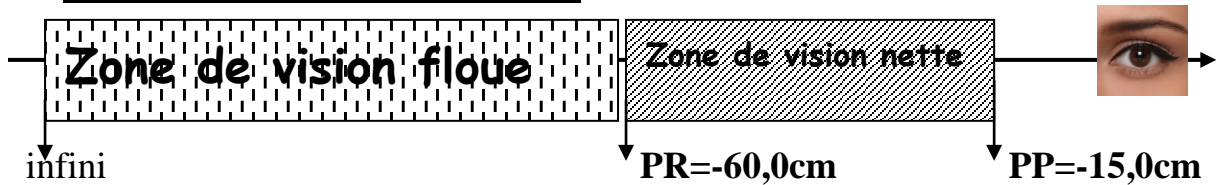
Donc la **zone de vision nette** de cette

personne est alors délimitée par le **Punctum Proximum** **PP=-15,0cm** et le **Punctum Remotum** **PR=-60,0cm**.

3- Le défaut de vision de cet œil est la **myopie** car son **Punctum Remotum** **PR** est situé seulement à 60 cm devant l'œil. Son **PR** n'est pas alors situé à l'infini pour être un œil normal. Tout objet **AB** situé au-delà de son **PR**, cet œil le voit flou. Son défaut de vision est alors la Myopie.



#### 4- Schéma de vision floue pour un myope



B-

a- La lentille correctrice  $\mathcal{L}$  est divergente de distance focale. En effet, cette lentille correctrice doit former l'image  $A'B'$ , d'un objet AB situé sur l'axe optique de l'œil à l'infini et qui apparaît flou, sur le PR de l'œil myope afin d'élargir la zone de vision nette de cet œil myope.

$$\Rightarrow \overline{OPR} = f' = -60,0\text{cm}$$

b- Conclusion : La lentille correctrice  $\mathcal{L}$  est une lentille divergente de distance focale  $f'$  et

de vergence  $V$  :  $f' = -60,0\text{cm}$   $V = \frac{1}{f'} = \frac{1}{-60 \cdot 10^{-2}} = -1,67\delta$

c- A l'aide de cette lentille correctrice  $\mathcal{L}$  divergente, cette personne myope élargira sa zone de vision nette de telle sorte que cette nouvelle zone sera délimitée par NPP, le Nouveau Punctum Proximum et par son vrai Punctum Remotum PR :

Quel est alors la position de ce nouveau Punctum Remotum :  **$NPP?$**

En effet, le Punctum Remotum PR a pour image le nouveau PR par cette lentille correctrice  $\mathcal{L}$  tel que :

$$NPR \xrightarrow{\mathcal{L}} PR \quad \text{avec} \quad \overline{OF'} = f' = \overline{OPR} = -60,0\text{cm}$$

Ce qui implique que :

$$\frac{1}{\overline{PR}} - \underbrace{\frac{1}{\overline{NPR}}}_{\rightarrow 0} = \frac{1}{f'} \quad NPR \rightarrow -\infty$$



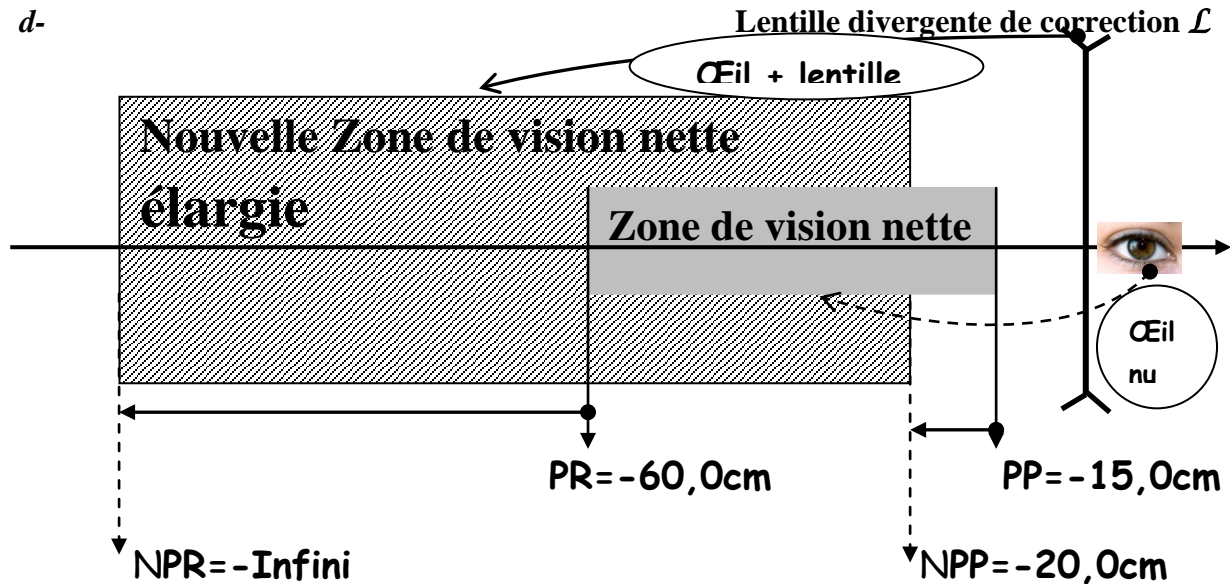
$$NPP \xrightarrow{\mathcal{L}} PP$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\overline{OPP}} - \frac{1}{\overline{ONPP}} = \frac{1}{f'}$$

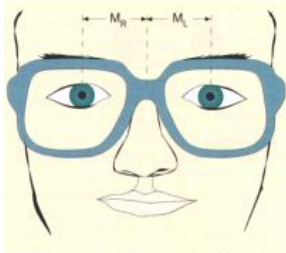
Et pour le nouveau Punctum Proximum on a :

D'où le résultat :  $\overline{ONPP} = \frac{f' \cdot \overline{OPP}}{f' - \overline{OPP}} = \frac{(-60) \cdot (-15)}{(-60) - (-15)} = -20,0\text{cm}$

d-



e- L'inconvénient majeur de ce procédé de correction de la myopie, comme défaut de vision, se résume à l'éloignement du **Punctum Proximum PP**. Au lieu de -15 cm, ce **PP** sera situé à -20 cm, ce qui oblige cette personne myope à éloigner un texte pour le lire avec ses lunettes correctrices. Mais, ce n'est pas grave, elle peut les enlever pour rapprocher ce texte afin de le lire sans ces lunettes correctrices.



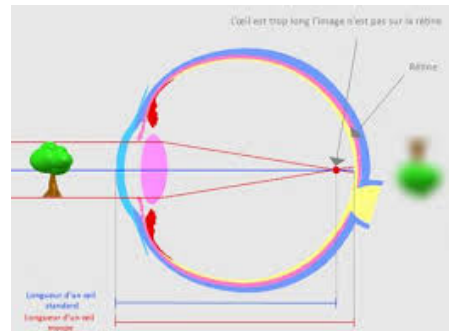
#### Exercice 4: L'œil hypermétrope

Un œil est assimilable à une lentille mince convergente  $\mathcal{L}_1$  de distance focale  $f'_1 = 2,2$  cm. La rétine étant placée à 2 cm derrière cette lentille  $\mathcal{L}_1$ .

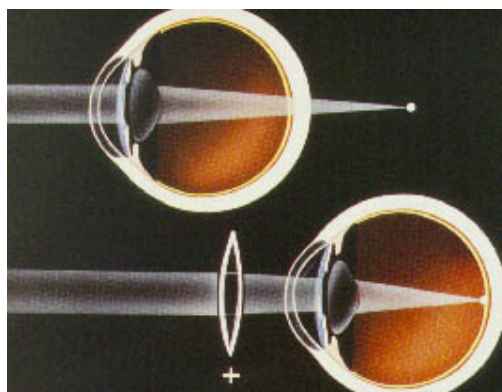
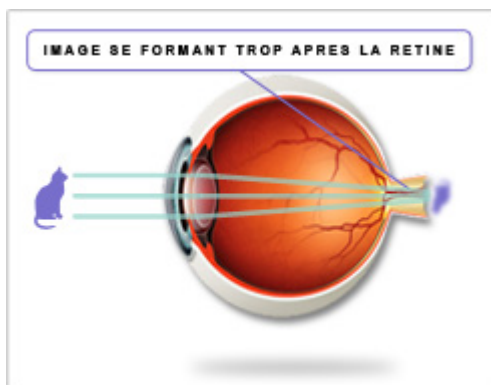
1) Décrire le défaut de cet œil ?

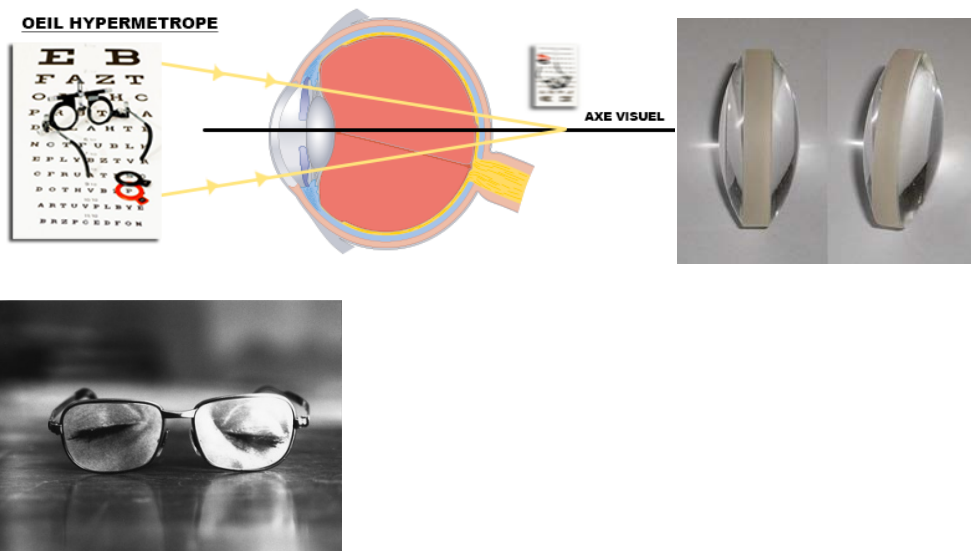
2) Déterminer la position d'un objet A dont l'image formée par  $\mathcal{L}_1$  se situe sur la rétine ?

3) On place contre l'œil un verre de contact de distance focale  $f'_2$  inconnue. Déterminer la valeur de  $f'_2$  pour que cet œil forme une image sur sa rétine, d'un point placé à l'infini ?

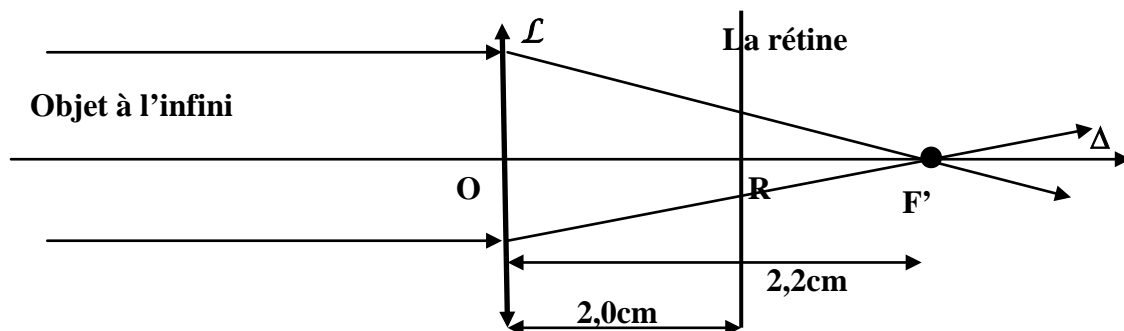


#### Corrigé de l'exercice 4 :





Soit un œil assimilé à une lentille convergente  $\mathcal{L}_1$  est de distance focale  $f'_1=2,2\text{cm}$ . Sa rétine est placée à 2cm derrière son cristallin.



Cet œil est très peu convergent, l'image d'un objet ponctuel situé à l'infini et sur l'axe optique principal  $\Delta$  sera située sur  $F'$ , point de l'axe optique  $\Delta$ .  $F'$  est le foyer principal image de cette lentille convergente  $\mathcal{L}$ . Cet œil présente alors le défaut de vision : **L'hypermétropie**.

$$A(-\infty) \xrightarrow{L_1(\text{Cr})} F'$$

Cherchons la position d'un objet A qui aura comme image  $A'$ , par cette lentille convergente  $\mathcal{L}_1$ , située sur la Rétine R :

$$A \xrightarrow{L_1(\text{Cr})} \text{La Rétine}(R')$$

La relation de conjugaison s'exprime alors comme suit :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$$

$$\text{avec } \overline{OA'} = \overline{OR}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OF'} = \frac{1}{OA} \Rightarrow \overline{OA} = \frac{\overline{OA'} \cdot \overline{OF'}}{\overline{OF'} - \overline{OA'}} = \frac{(+2,2) \cdot (+2)}{(+2,2) - (+2)} = \frac{4,4}{0,2} = 22\text{cm}$$

On place contre l'œil un verre correcteur de contact de distance focale  $f'_2$  inconnue, de telle sorte qu'un point source A situé à l'infini aura une image  $A'$ , formée par l'ensemble de l'œil et ce verre correcteur, située sur sa rétine R. Le point source A est supposé placé sur l'axe optique principal  $\Delta$ .

$$-\infty \xrightarrow{L_2} A \xrightarrow{L_1(\text{Cr})} \text{La Rétine}(R)$$



$$\Rightarrow \frac{1}{O_2A} - \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{O_2F'_2} = \frac{1}{f'_2} \Rightarrow \overline{O_2A} = \overline{O_2F'_2} = f'_2 = 22\text{cm}$$



La vergence de ce verre correcteur est :  $\Rightarrow V_2 = \frac{1}{O_2F_2'} = \frac{1}{f_2'} = \frac{100}{22} = 4,55\delta$



### Exercice 5 - L'œil myope et presbyte

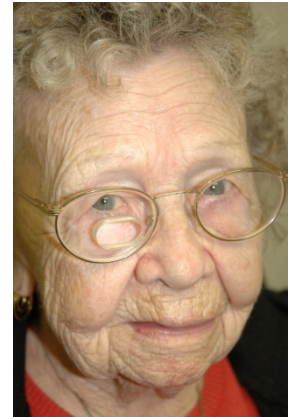
Un œil myope devenu presbyte a une vision telle que sa distance maximale de vision distincte est de 100 cm, sa distance minimale de vision distincte de 40,0 cm.

1- Quelle lentille  $\mathcal{L}_1$  faut-il monter comme verre correcteur pour lui permettre de voir nettement à l'infini sans accommoder ? Calculer la vergence de  $\mathcal{L}_1$ .

2- Quelles sont alors les nouvelles limites de la zone de vision distincte de cet œil ainsi corrigé ?

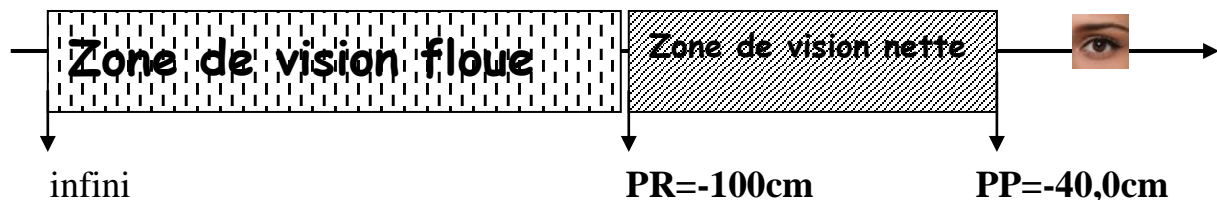
3- Pour améliorer la vision rapprochée à l'aide des mêmes lunettes de correction 'lentille  $\mathcal{L}_1$ ', l'opticien propose à son patient d'accoler à la partie inférieure de chaque lentille  $\mathcal{L}_1$  une petite lentille convergente  $\mathcal{L}_2$ . Quelle doit être la vergence  $V_2$  de cette lentille convergente  $\mathcal{L}_2$  pour que la distance minimale de la zone de vision distincte de cet œil corrigé par l'opticien « regardant à travers les deux lentilles ( $\mathcal{L}_1$ ,  $\mathcal{L}_2$ ) accolées » soit ramenée à 20 cm ? La lentille  $\mathcal{L}_2$  est biconvexe et ses deux faces ont même rayon de courbure R. Calculer R, sachant que l'indice de réfraction du verre est  $n = 1,5$ .

Quand on regarde un paysage, on utilise la partie centrale de la lentille alors qu'on utilise le bas de la lentille pour lire.



#### Corrigé de l'exercice 5 :

La zone de vision nette de cette personne est alors délimitée par le **Punctum Proximum**  $PP = -40,0\text{cm}$  et le **Punctum Remotum**  $PR = -100\text{cm}$ , comme l'indique le schéma ci-dessous. Le défaut de vision de cet œil est la **myopie** car son **Punctum Remotum** PR est situé seulement à 100 cm devant l'œil. Son PR n'est pas alors situé à l'infini pour être un œil normal. Tout objet AB situé au-delà de son PR, cet œil le voit flou. Son défaut de vision est alors la Myopie.



La lentille correctrice  $\mathcal{L}_1$  est **divergente** de **distance focale  $f_1'$** . En effet, cette lentille correctrice doit former l'image  $A'B'$ , d'un objet AB situé sur l'axe optique de l'œil à l'infini et qui apparaît **flou**, sur le **PR** de l'œil myope afin d'élargir la zone de vision nette de cet œil myope.

**Conclusion :** La lentille correctrice  $\mathcal{L}_1$  est une lentille **divergente** de distance focale  $f_1'$  et de vergence  $V_1$  :

$$\Rightarrow \overline{OPR} = f_1' = -100\text{cm} = 1,00\text{m}$$

$$V_1 = \frac{1}{f_1'} = \frac{1}{-100.10^{-2}} = -1,00\delta$$

A l'aide de cette **lentille correctrice  $\mathcal{L}_1$  divergente**, cette **personne myope** élargira sa **zone de vision nette** de telle sorte que cette **nouvelle zone sera délimitée par le Nouveau Punctum Proximum NPP**, et par le **Nouveau Punctum Remotum NPR** : Quel sont alors les positions de ces nouveaux **Punctum Remotum** et **Proximum** : **NPR?** et **NPP?**  
 En effet, le **Punctum Remotum PR** a pour image le nouveau **NPR** par cette lentille correctrice  $\mathcal{L}_1$  tel que :  $NPR \xrightarrow{\mathcal{L}_1} PR$  avec  $\overline{OF_1'} = f_1' = \overline{OPR} = -100cm$

$$\frac{1}{PR} - \frac{1}{\underbrace{NPR}_{\rightarrow 0}} = \frac{1}{f_1'}$$

Ce qui implique que :

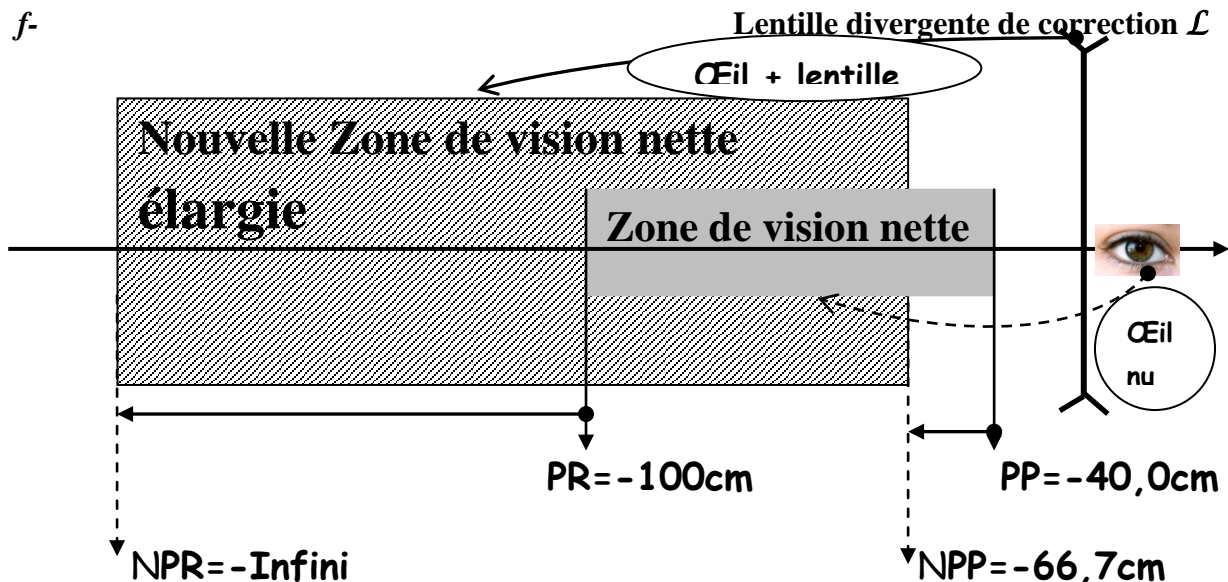
$$NPR \rightarrow -\infty$$

Et pour le **nouveau Punctum Proximum** on a :

$$NPP \xrightarrow{\mathcal{L}_1} PP$$

$$\Rightarrow \frac{1}{OPP} - \frac{1}{ONPP} = \frac{1}{f_1'} \quad \text{D'où le résultat :}$$

$$\overline{ONPP} = \frac{f_1' \cdot \overline{OPP}}{f_1' - \overline{OPP}} = \frac{(-100) \cdot (-40)}{(-100) - (-40)} = \frac{+4000}{-60} = -66,7cm$$



La vergence de cette lentille biconvexe correctrice est :

$$-20,0cm \xrightarrow{\mathcal{L}_2} NPP \xrightarrow{\mathcal{L}_1} PP$$

$$\Rightarrow \frac{1}{OPP} - \frac{1}{-20} = \frac{100}{-40} - \frac{100}{-20} = \frac{100}{40} = 2,5\delta = \frac{1}{f'} = V \Rightarrow f' = \frac{1}{V} = \frac{1}{2,5} = 0,400m = 40,0cm$$

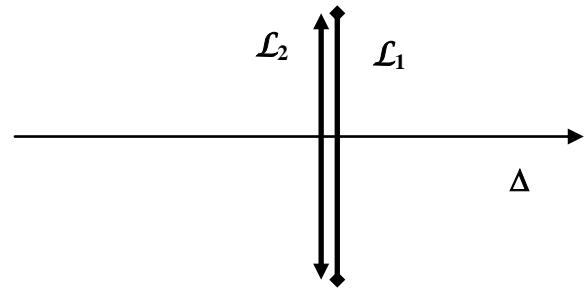
$$V = V_1 + V_2 \Rightarrow V_2 = V - V_1 = 2,50\delta - (-1,00\delta) = 3,5\delta$$

$$V_2 = \frac{1}{f_2'} = (n-1) \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{-R} \right) = 2 \cdot (n-1) \cdot \left( \frac{1}{R} \right) \Rightarrow R = \frac{2 \cdot (n-1)}{V_2}$$



Application numérique :

$$R = \frac{2 \cdot (n-1)}{V_2} = \frac{2 \cdot (1,5-1)}{3,5} = 0,286m = 286mm$$

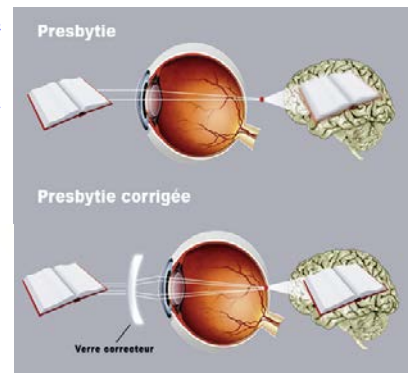
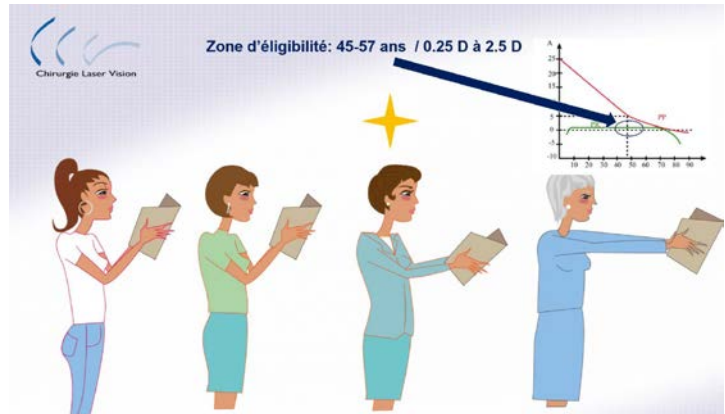


## Exercice 6 : Le vieillissement de l'œil : Presbytie

Considérons un œil tel que la distance cristallin-rétine soit égale à 17,0 mm.

a) Calculer les valeurs extrêmes de la vergence de ce cristallin pour un Punctum Proximum (PP) de 20,0cm et un Proximum Remotum (PR) à l'infini.

b) L'œil en vieillissant perd de son pouvoir d'accommodation. Le PR n'est pas modifié, mais la vergence maximale de l'œil d'une personne entre 40 ans et 70ans diminue progressivement :  $V_1= 63,824\delta$ ,  $V_2=61,324\delta$ ,  $V_3= 60,491\delta$ ,  $V_4= 60,074\delta$ ,  $V_5= 59,824\delta$ , et  $V_6= 59,324\delta$ . La rétine de l'œil de cette personne est à 17mm derrière ce cristallin. Déterminer les PP correspondants à chaque âge.



Corrigé de l'exercice 6 :

**La presbytie est la conséquence de la perte progressive du pouvoir d'accommodation de l'œil. En vieillissant, le cristallin perd de sa souplesse.** La presbytie est une pathologie qui apparaît souvent aux alentours des **40 ans**.

Avec l'âge, **à partir de 45 ans environ, le cristallin perd de sa souplesse** et les muscles ciliaires ont plus de **mal à le bomber**, par conséquent la **vergence maximale diminue par rapport à la valeur de l'œil jeune qui est environ de 63,824δ**, sachant que sa **rétine est située à 17mm derrière le cristallin** :

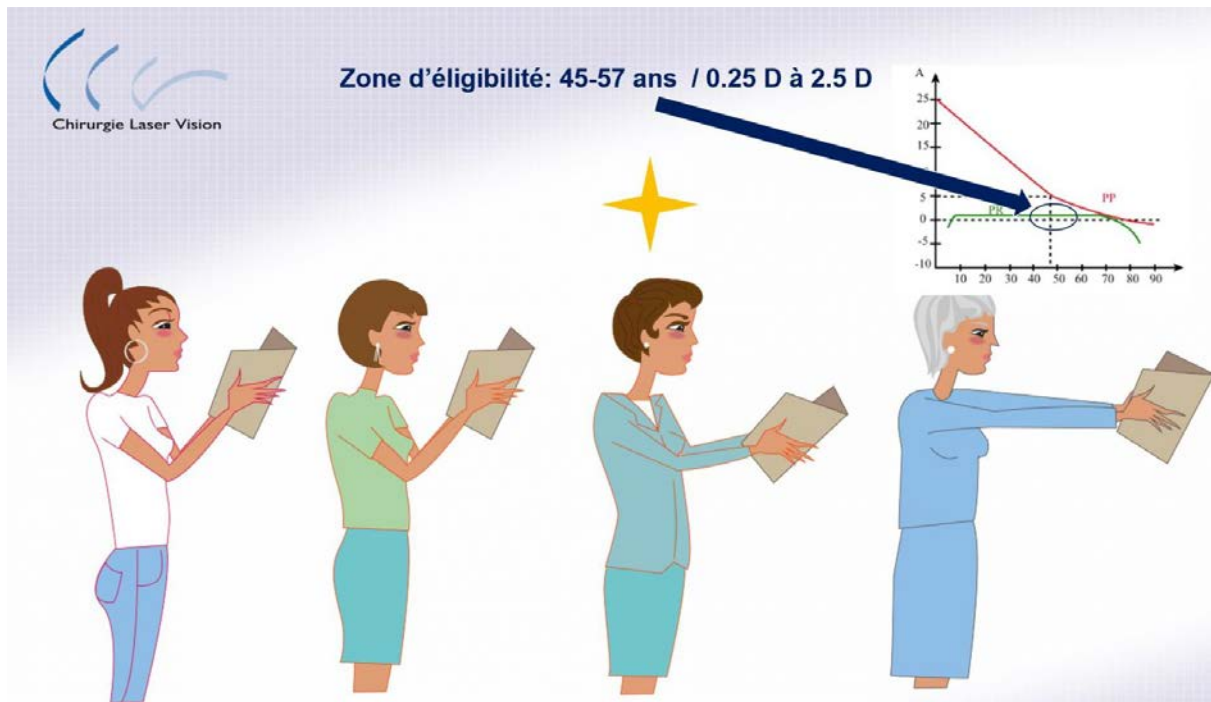
$$OA' = 17\text{mm} = 17.10^{-3}\text{m}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{OA'} - \frac{1}{\underbrace{PP}_{-20\text{cm}}} = V_{\text{max}} = 63,824\delta$$

La personne devient ainsi **presbyte**, et pour lire un document cette personne en question doit **éloigner son document**, afin de le placer sur son **Punctum Proximum PP**. Le **Punctum Remotum** de cette personne est supposé **intact**,  $PR \rightarrow -\infty$ , ce qui permet **une vision sans que le cristallin fournisse aucun effort**. Ainsi **la vergence du cristallin est minimale** :



$$\Rightarrow \frac{1}{OA'} - \frac{1}{\underbrace{PR}_{-\infty}} = V_{\min} = \frac{1}{17 \cdot 10^{-3}} = 58,824\delta$$



a-  $AB \xrightarrow{Cr} A'B'$   $PP \xrightarrow{Cr(V_{i=1 \rightarrow 6})} A'B'(\text{rétine})$

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'} = V \Rightarrow \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OPP} = V_{\max}$$

$$OPP = \frac{OA'}{1 - V_{\max} \cdot OA'}$$

$$OA' = 17\text{mm} = 17 \cdot 10^{-3}\text{m}$$

E S V K R  
D N C Z O  
S K D V H  
Z C R N S  
H D E O K  
V Z H N C  
O S K D R  
N E C Z V  
R C H O E  
C Z X N H  
K R C Z O  
V Z H N C  
O S K D R



$$V_{\max} = 63,824\delta$$

$$\overline{OPP} = \frac{17 \cdot 10^{-1}}{1 - 63,824 \cdot 17 \cdot 10^{-3}} = -20\text{cm}$$

$$V_{\max} = 61,324\delta$$

$$\overline{OPP} = \frac{17 \cdot 10^{-1}}{1 - 61,324 \cdot 17 \cdot 10^{-3}} = -40\text{cm}$$

$$V_{\max} = 60,491\delta$$

$$\overline{OPP} = \frac{17 \cdot 10^{-1}}{1 - 60,491 \cdot 17 \cdot 10^{-3}} = -60\text{cm}$$

$$V_{\max} = 59,824\delta$$

$$\overline{OPP} = \frac{17 \cdot 10^{-1}}{1 - 59,824 \cdot 17 \cdot 10^{-3}} = -100\text{cm}$$

OA'	Vmin	Vmax	PP
<u>17mm</u>	<u>58,824δ</u>	<u>63,824δ</u>	<u>-20cm</u>
17mm	58,824δ	62,157 δ	-30cm
17mm	58,824δ	61,324 δ	-40cm
17mm	58,824δ	60,824 δ	-50cm
17mm	58,824δ	60,491 δ	-60cm
17mm	58,824δ	60,353 δ	-70cm
17mm	58,824δ	60,074 δ	-80cm
17mm	58,824δ	59,935 δ	-90cm
17mm	58,824δ	59,824 δ	-100cm
17mm	58,824δ	59,491 δ	-150cm
17mm	58,824δ	59,324 δ	-200cm
17mm	58,824δ	59,157 δ	-300cm
17mm	58,824δ	59,074 δ	-400cm
17mm	58,824δ	59,024 δ	-500cm
17mm	58,824δ	59,059 δ	-600cm
17mm	58,824δ	58,967 δ	-700cm
17mm	58,824δ	58,949 δ	-800cm
17mm	58,824δ	58,935 δ	-900cm
17mm	58,824δ	58,924 δ	-1000cm
17mm	58,824δ	58,890 δ	-1500cm
17mm	58,824δ	58,874 δ	-2000cm
17mm	58,824δ	58,864 δ	-2500cm
17mm	58,824δ	58,857 δ	-3000cm
17mm	58,824δ	58,849 δ	-4000cm
17mm	58,824δ	58,844 δ	-5000cm
17mm	58,824δ	58,841 δ	-6000cm
<u>17mm</u>	<u>58,824δ</u>	<u>58,838 δ</u>	<u>-7000cm</u>
17mm	58,824δ	58,837 δ	-7500cm



Le  $V_{\max}$  diminue avec l'âge et par conséquent le Punctum Proximum PP de la personne presbyte s'éloigne.

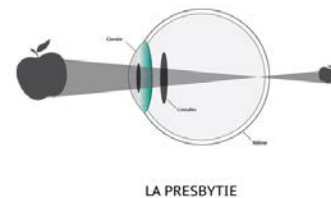
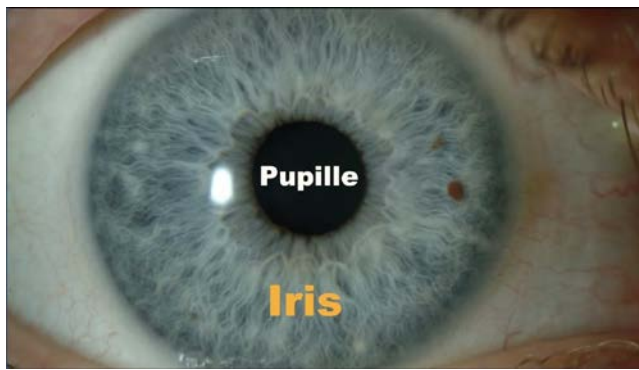
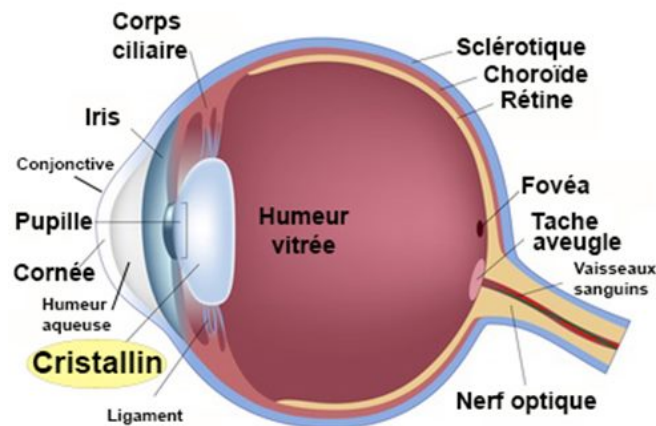


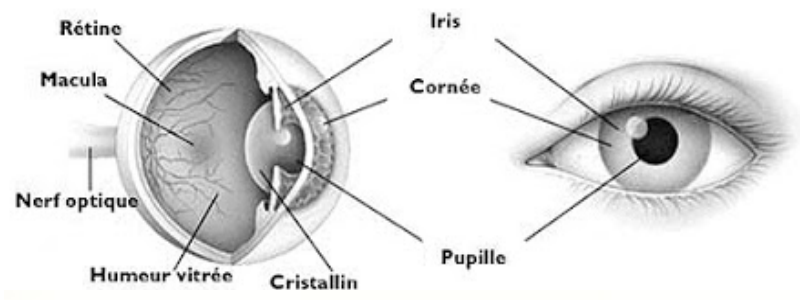


Ce tableau nous permet de constater que plus une personne avance dans l'âge, plus la vergence maximale, qui correspond à la vision du **PP**, de son cristallin diminue et par conséquent plus son **Punctum Proximum** s'éloigne de sa position normale (**-25 cm**). Par conséquent, pour lire un document la personne âgée doit maintenir ce document très loin de ses yeux.



## Anatomie de l'oeil





.../...