

BTS OPTICIEN LUNETIER
ANALYSE DE LA VISION – U.5
SESSION 2014

Note : ce corrigé n'a pas de valeur officielle et n'est donné qu'à titre informatif sous la responsabilité de son auteur par Acuité.

Proposition de corrigé par Sylvie Vettese et Pierre-Yves Cazeaud,
professeurs d'Analyse de la Vision au Lycée Technique Privé d'Optométrie
de Bures-sur-Yvette

Auteurs des ouvrages ANALYSE DE LA VISION
Tome 1 – Vision monoculaire | Tome 2 – Vision binoculaire



PROBLEME 1

Partie n°1 – Analyse des plaintes

1- La plainte de cette cliente est liée au nouvel équipement.

L'écart pupillaire de la cliente mesuré à l'aide du kérato-réfractomètre, est de 58 mm alors que l'écart de montage est de 60 mm.

On émet comme hypothèse une erreur de centrage des verres qui provoque en raison d'effets prismatiques en vision de près, une gêne pour la cliente.

Partie n°2 – Examen préalable avec la compensation habituelle

2.1- L'analyse est identique pour l'œil droit et pour l'œil gauche puisque les résultats de l'examen préalable sont eux-mêmes identiques.

Il n'y a pas d'astigmatisme résiduel puisque la chute d'acuité est identique pour les quatre positions du cylindre croisé par retournement.

L'addition de +1,00 δ fait chuter l'acuité à 1/3 et provoque donc une myopie artificielle de 0,75 δ si on applique la règle de Swaine ($\mathcal{R} = \frac{n}{4}$, avec $AVL = \frac{1}{n}$). L'amétropie résiduelle est donc une hypermétropie de +0,25 δ .

La formule des verres de compensation théorique est donc : $D_L = -4,75 \delta$ pour les deux yeux.

2.2-

a- L'absence de mouvement en vision rapprochée indique l'absence de tropie ou l'existence d'une tropie trop faible pour être détectée avec ce test (inférieure à 3 Δ) aussi bien dans le plan vertical que dans le plan horizontal.

b- Le mouvement naso-temporal observé dans le plan horizontal pour une fixation à 40 cm montre la présence d'une ésophorie plus forte que 3 Δ .

L'absence de mouvement dans le plan vertical en vision éloignée indique l'absence de phorie verticale de plus de 3 Δ .

2.3- Le décalage des segments rouges verticaux montre la présence d'une ésodisparité de fixation de l'œil droit et de l'œil gauche.

L'alignement des traits horizontaux montre l'absence de disparité de fixation dans le plan vertical.

Partie n°3 – Bilan intermédiaire

3- L'origine la plus probable des plaintes de la cliente est donc une erreur de centrage des verres qui induit une ésophorie en vision rapprochée.

Partie n°4 – Étude d'un test d'équilibre bi-oculaire

4.1- Lors de l'équilibre bi-oculaire, la cliente compare la perception qu'elle a d'une ligne de lettres avec chacun de ses yeux alors que sa vision est dissociée.

Cette comparaison n'est valable que si les deux yeux sont rigoureusement dans les mêmes conditions d'observation.

En plaçant un prisme devant un seul œil, l'œil qui porte le prisme est pénalisé car :

- il a deux dioptries « air-verre » de plus que celui qui ne porte pas de prisme, la transmission de la lumière est donc différente entre les deux yeux ;
- la dispersion chromatique occasionnée par un prisme de 6Δ altère la qualité optique de l'image rétinienne alors que l'autre œil ne subit pas cette aberration chromatique.

Pour que les deux yeux soient dans les mêmes conditions d'observation, il faut donc repartir la dissociation prismatique entre les deux yeux.

4.2- En fin d'équilibre binoculaire, l'œil gauche porte une compensation moins divergente qu'à la fin de l'emmétropisation.

L'opticien a donc brouillé l'œil gauche lors de l'équilibre bi-oculaire. On déduit donc que c'est l'œil gauche qui avait la meilleure perception de la ligne de lettres (figure 1).

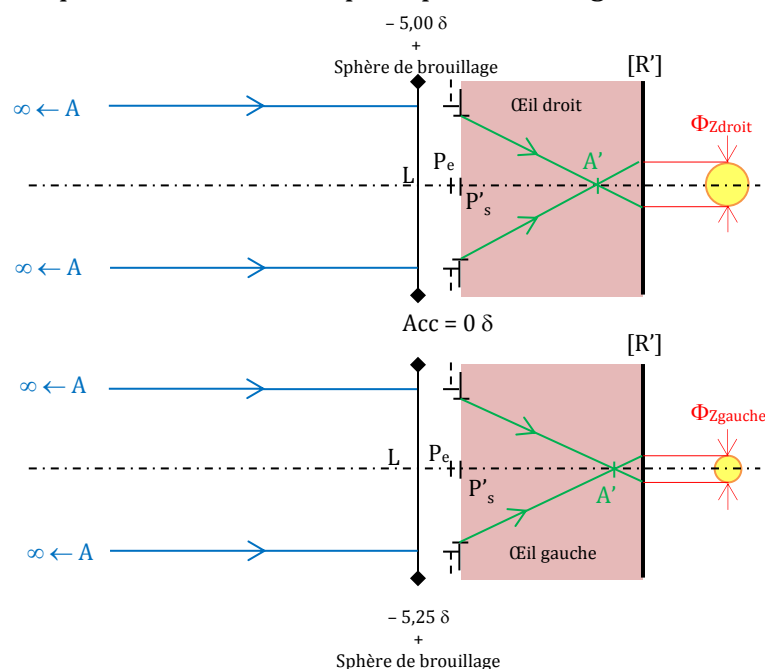


Figure 1 – Début de l'équilibre bi-oculaire - Schéma du couple oculaire brouillé avant la mise en place des prismes dissociateurs

4.3- Le couple oculaire n'avait pas complètement relâché son accommodation lors de la réfraction monoculaire de l'œil gauche. Le verre de $-5,25 \delta$ trouvé lors de l'examen monoculaire ne correspondait pas au verre d'emmétropisation de cet œil.

4.4-

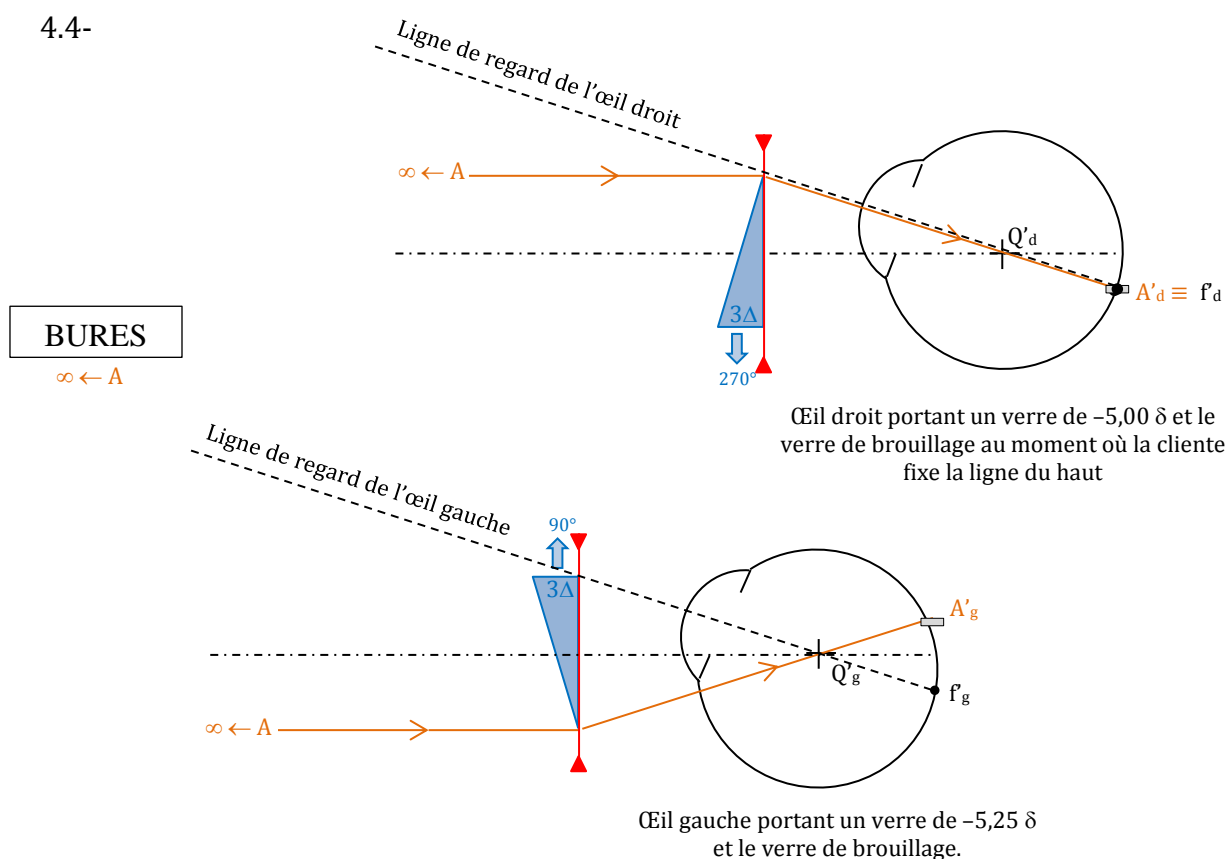


Figure 2 – Schéma du couple oculaire orthophore en position passive suite à la dissociation prismatique – Vue de profil

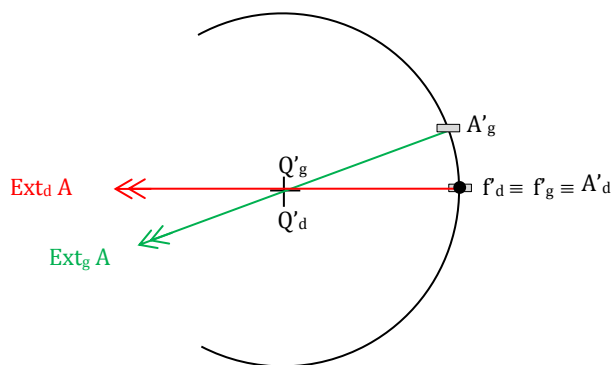
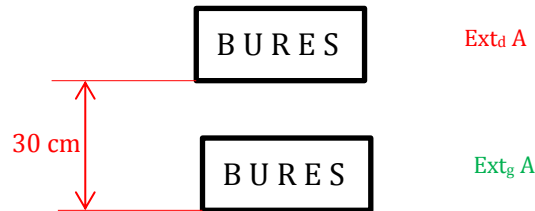


Figure 3 – Œil cyclope de Héring – Vue de profil

L'œil cyclope (figure 3) permet de constater que l'œil droit voit la ligne de lettres du haut (Ext_d A) alors que l'œil gauche voit la ligne de lettres du bas (Ext_g A).

La perception qu'a la cliente d'une ligne de lettres est donc la suivante :



Par définition de la dioptrie prismatique, 1 Δ correspond à une déviation de 1 cm à 1 m.

6 Δ correspond donc à une déviation de 30 cm à 5 m.

Partie n°5 – Étude de la vision binoculaire

5.1- Le cylindre rouge de Maddox est placé sur l'œil directeur de la cliente. L'œil directeur est probablement son œil gauche car c'est l'œil qui a gardé la fixation lors du test du *punctum proximum* de convergence.

En vision rapprochée, l'opticien mesure une ésochorie de 3 Δ . Cela signifie que lorsqu'il a questionné la cliente sur la position relative de la droite lumineuse rouge verticale et du point lumineux, la cliente a répondu :

- Je vois la droite rouge à gauche du point lumineux.

L'écart entre la droite et le point est de 1,2 cm correspondant à une déviation de 3 Δ à 40 cm comme le montre la figure 4.

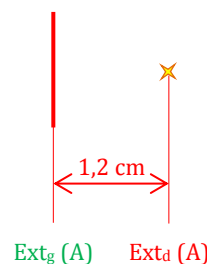


Figure 4 – Perception de la cliente lors de la mise en évidence de l'ésochorie horizontale de 3 Δ .

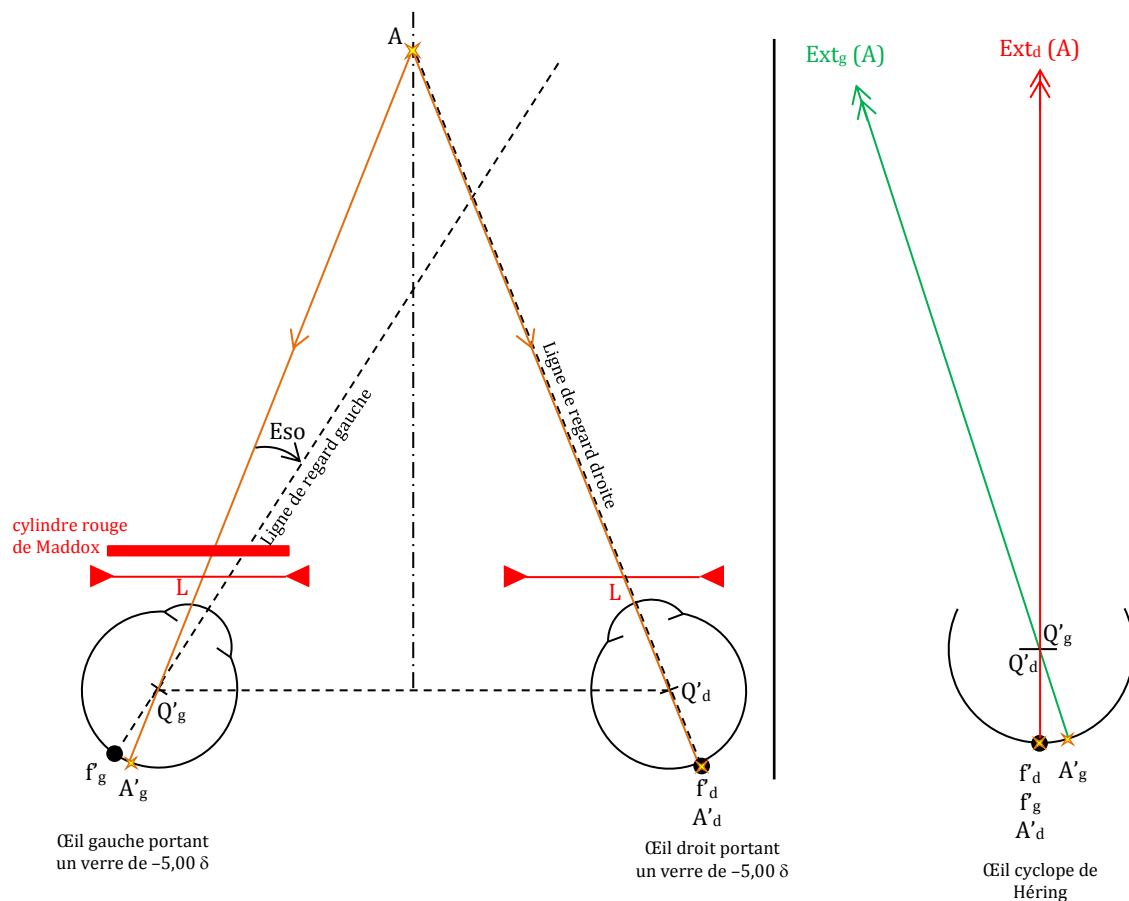


Figure 5 – Schéma justificatif en vue de dessus expliquant la perception de la cliente

5.2-

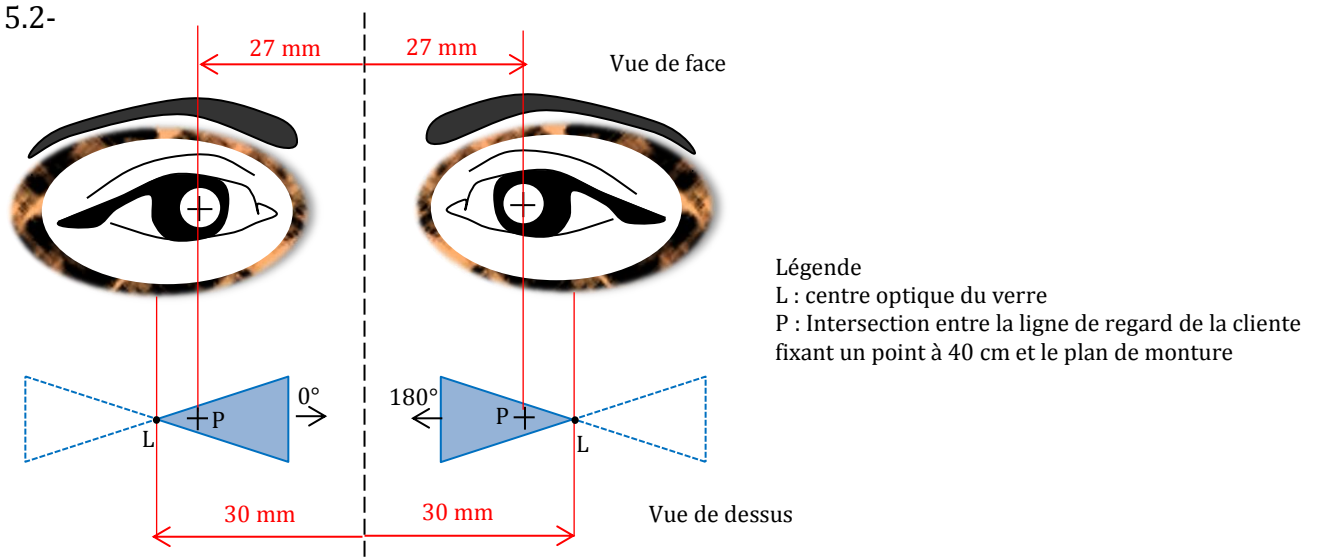


Figure 6 – Effet prismatique en vision de près

En schématisant le verre divergent de $-5,00 \delta$ par deux prismes accolés par leur sommet, on déduit que la base de l'effet prismatique induit est base nasale ou interne (figure 6).

La valeur de l'effet prismatique est obtenue avec la règle de Prentice :

$$E_{\Delta}(P) = 0,3 \times 5,00 \quad E_{\Delta}(P) = 1,50 \Delta$$

Dans le plan horizontal, l'erreur de centrage a induit un effet prismatique de 1,5 Δ base interne sur chaque œil. Le couple oculaire subit un effet prismatique de 3 Δ base interne.

5.3- Un prisme base interne mesure la phorie horizontale d'un sujet exophore ou provoque une ésophorie induite chez un sujet orthophore (analogie de raisonnement avec par exemple un verre convergent qui mesure l'amétropie d'un œil hypermétrope ou provoque une myopie induite chez un sujet emmétrope).

La cliente n'étant pas orthophore mais déjà ésophore de 3 Δ , on déduit que l'effet prismatique de 3 Δ subi en vision rapprochée fait augmenter l'ésophorie. Le praticien devrait donc mesurer une ésophorie de 6 Δ à 40 cm.

Partie n°6 – Comparaison de la vision avec et sans compensation

6.1- L'objet A fait partie de l'espace de vision nette de l'œil (partie réelle du parcours d'accommodation), il peut donc être vu nettement.

$$(1) \quad \underset{A}{\text{A}} \xrightarrow{D_0 + \text{Acc}(A)} \underset{R'}{\text{R}'}$$

Formule de l'accommodation appliquée au point A : $\text{Acc}(A) = \mathcal{R} - \frac{1}{HA}$

$$\underline{AN} : \text{Acc}(A) = -4,65 - \frac{1}{-16,5 \times 10^{-2}}$$

$$\text{Acc}(A) = +1,41 \delta$$

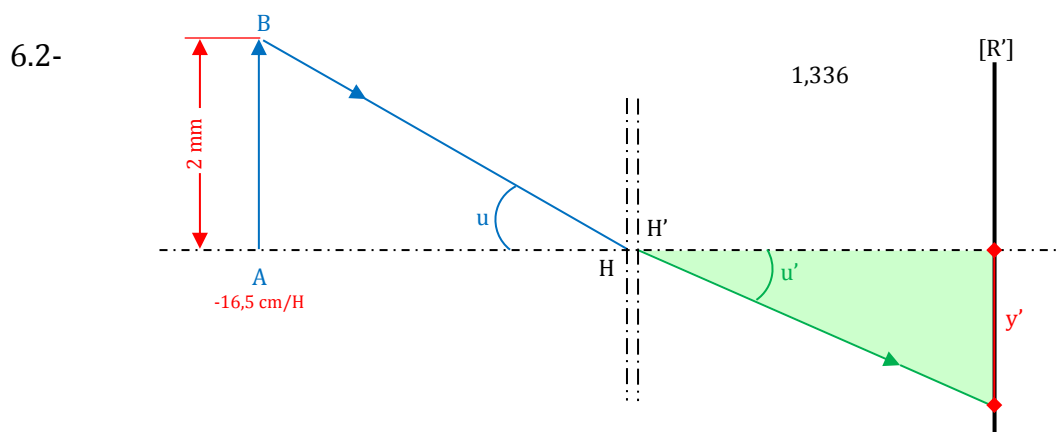


Figure 7 – Schéma illustrant la dimension de l'image rétinienne de l'objet AB

Le triangle vert de la figure 7 est rectangle: $\tan u' = \frac{y'}{H'R'}$

Les conditions de Gauss permettent d'écrire : $u'(\text{rad}) \approx \tan u'$

$$y' = u'(\text{rad}) \times H'R'$$

Relation de Lagrange-Helmholtz appliquée aux plans principaux : $u = 1,336 u'$

$$y' = \frac{AB}{AH} \times \frac{H'R'}{1,336}$$

AN finale : $y' = \frac{2}{165} \times \frac{23,30}{1,336}$

$$y' = 211 \mu\text{m}$$

6.3-

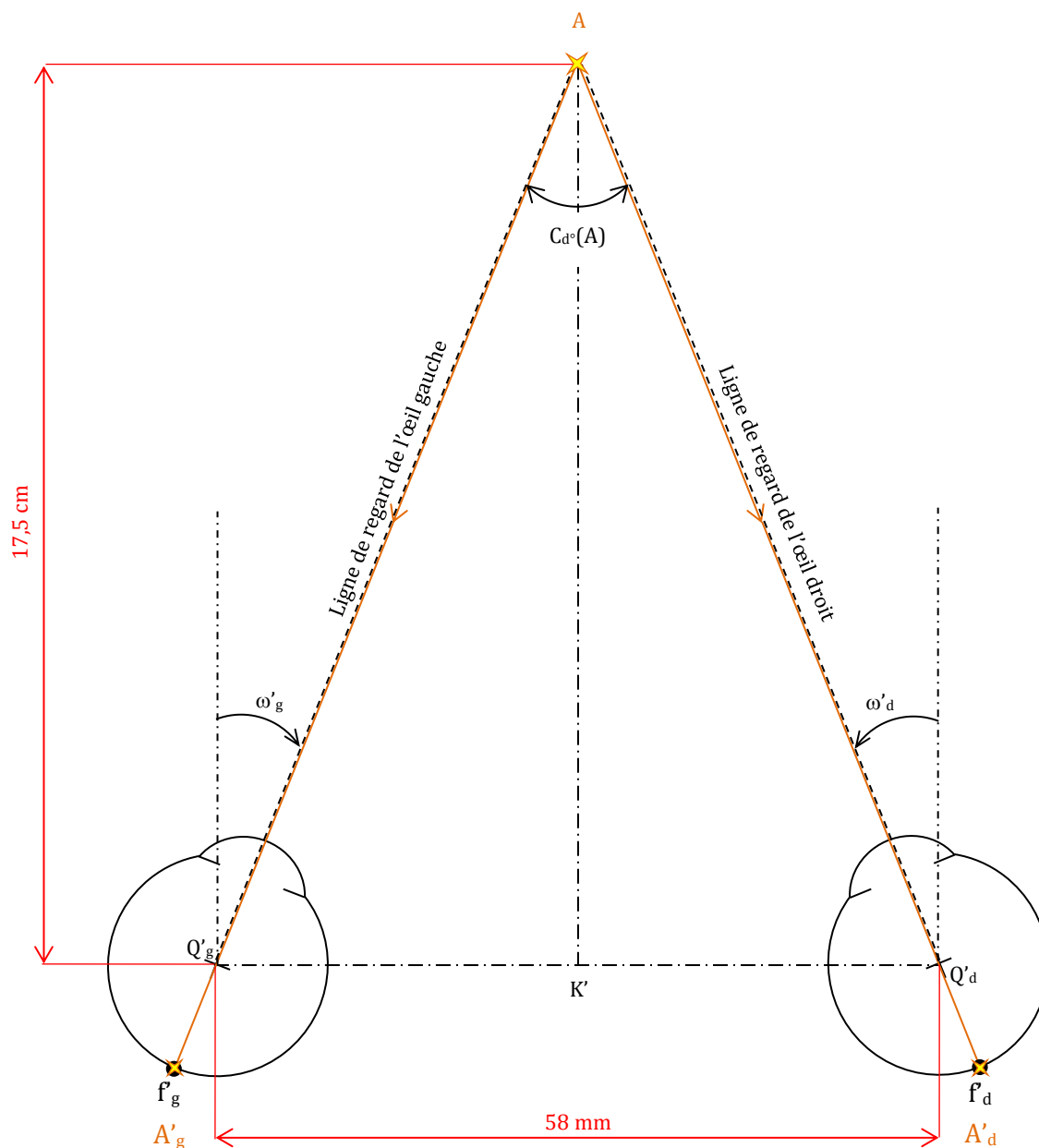


Figure 8 – Convergence du couple oculaire non compensé

Par définition de la convergence en angle métrique : $C_{am}(A) = \frac{1}{AK'}$

$$\underline{AN} : C_{am}(A) = \frac{1}{17,5 \times 10^{-2}}$$

$$C_{am}(A) = 5,71 \text{ am}$$

6.4- L'objet A est situé à 15 cm du plan des verres.

En considérant l'œil emmétropisé et la distance verre-œil négligeable :

$$(1) \quad \underset{A}{\text{oeil emmétropisé} + \text{Acc}(A)} \rightarrow \underset{R'}{(1,336)}$$

$$\text{Acc}(A) = -\frac{1}{LA}$$

$$\underline{AN} : \text{Acc}(A) = -\frac{1}{-15 \times 10^{-2}}$$

$$\text{Acc}(A) = +6,67 \delta$$

Avec sa compensation, la cliente doit accommoder de 6,67 δ pour voir les détails de sa dentelle.

6.5-

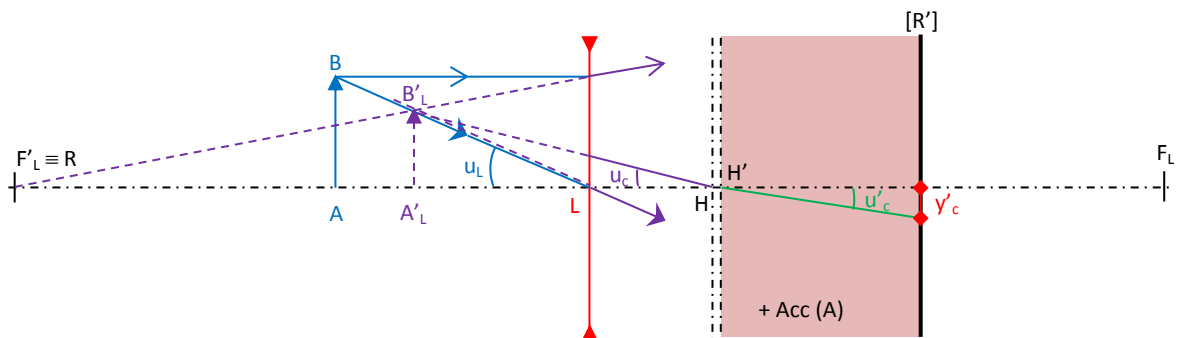


Figure 9 – Dimension de l'image rétinienne de l'œil compensé

D'après la démonstration faite au 6-2 nous pouvons écrire : $y'_c = u'_c(\text{rad}) \times H'R'$

Relation de Lagrange-Helmholtz appliquée aux plans principaux de l'œil :

$$u_c = 1,336 \times u'_c$$

$$\text{On déduit } y'_c = u_c(\text{rad}) \times \frac{H'R'}{1,336}$$

$$\text{Or } u_c(\text{rad}) = \frac{A'_L B'_L}{HA'_L} \quad \text{et de plus } u_L(\text{rad}) = \frac{A'_L B'_L}{LA'_L} \quad \text{donc } u_c(\text{rad}) = u_L(\text{rad}) \frac{LA'_L}{HA'_L}$$

$$\text{On peut donc écrire : } y'_c = u_L(\text{rad}) \times \frac{LA'_L}{HA'_L} \times \frac{H'R'}{1,336}$$

$$\text{Soit : } y'_c = \frac{AB}{LA} \times \frac{LA'_L}{HA'_L} \times \frac{H'R'}{1,336}$$

➤ Calcul de la position de l'image intermédiaire A'_L

$$\frac{1}{\overline{LA}} + D_L = \frac{1}{\overline{LA'_L}}$$

$$\overline{LA'_L} = \left(\frac{1}{\overline{LA}} + D_L \right)^{-1}$$

$$\overline{AN} : \overline{LA'_L} = \left(\frac{1}{-15 \times 10^{-2}} - 5,00 \right)^{-1}$$

$$\overline{LA'_L} = -8,57 \text{ cm}$$

➤ Calcul de la distance $\overline{HA'_L} : \overline{HA'_L} = \overline{HL} + \overline{LA'_L} = -1,5 - 8,57 = -10,07 \text{ cm}$

$$\text{AN finale : } y'_c = \frac{2}{150} \times \frac{8,57}{10,07} \times \frac{23,29}{1,336}$$

$$y'_c = 198 \text{ } \mu\text{m}$$

6.6-

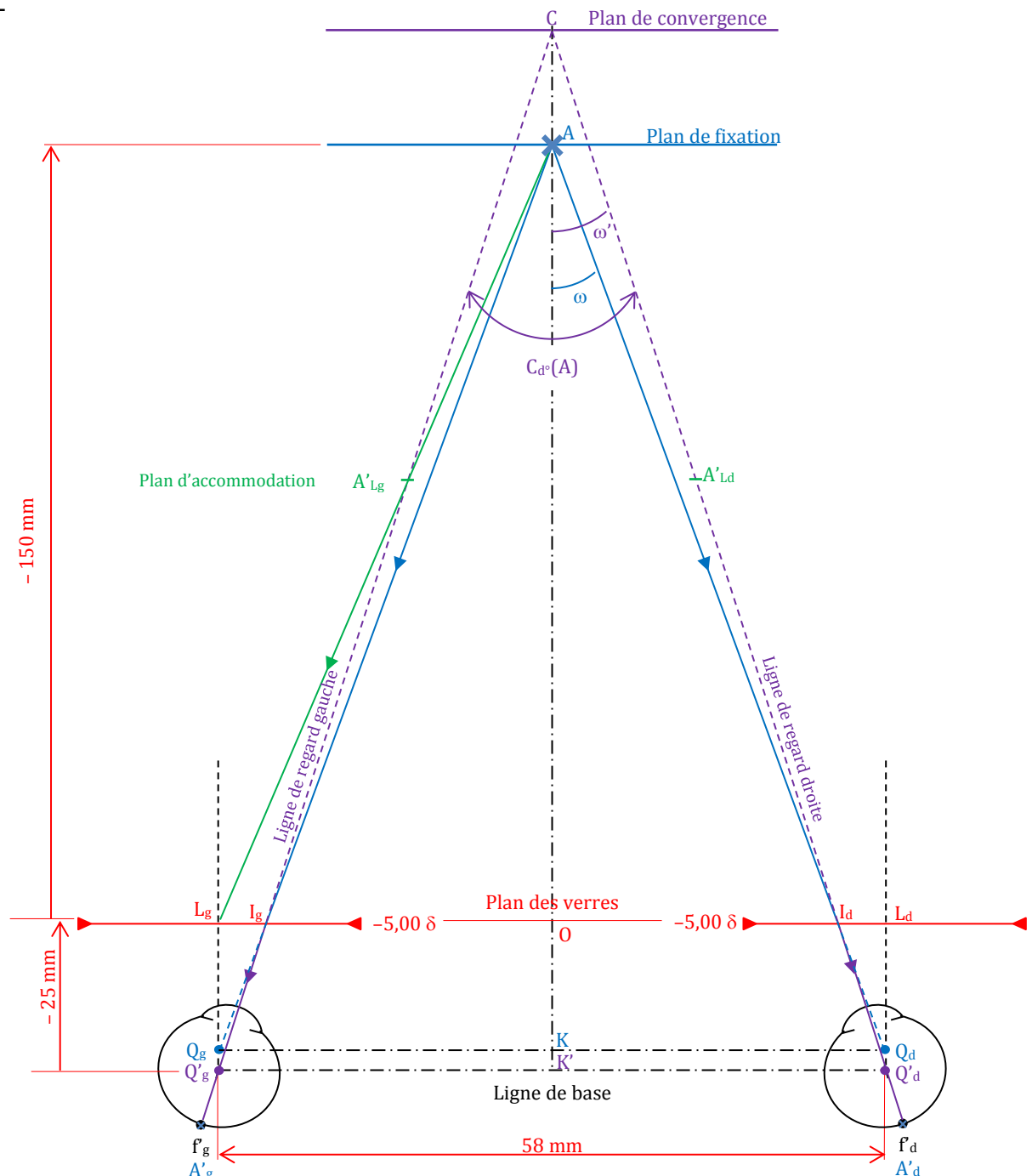


Figure 10 – Convergence du couple oculaire compensé

La figure 10 montre que la convergence exprimée en degré est égale $C_d(A) = 2 \times \omega'$

La conversion de la convergence en dioptrie prismatique permet d'écrire :

➤ $C_\Delta(A) = 2 \times 100 \tan \omega'$

➤ Relation entre l'angle ω et ω'

$$\left. \begin{array}{l} \tan \omega = \frac{\overline{LI}}{\overline{LQ}} \\ \tan \omega' = \frac{\overline{LI}}{\overline{LQ'}} \end{array} \right\} \tan \omega' = \frac{\overline{LQ}}{\overline{LQ'}} \times \tan \omega$$

➤ Calcul de l'angle ω

$$\tan \omega = \frac{1/2 Q'_G Q'_d}{AO + OK}$$

AN: $\tan \omega = \frac{29}{22,22 + 150}$

$$\tan \omega_d = 0,0168$$

➤ Détermination de position du centre de rotation apparent de l'œil (noté Q)

$$\begin{array}{ccc} (1) & & (1) \\ \text{Q} & \xrightarrow{D_L} & \text{Q}' \\ & & -25 \text{ mm/L} \end{array}$$

$$\frac{1}{\overline{LQ}} + D_L = \frac{1}{\overline{LQ'}}$$

$$\overline{LQ} = \left(\frac{1}{\overline{LQ'}} - D_L \right)^{-1}$$

AN: $\overline{LQ} = \left(\frac{1}{25 \times 10^{-3}} + 5,00 \right)^{-1}$

$$\overline{LQ} = 22,22 \text{ mm}$$

➤ Calcul de l'angle ω'

AN: $\tan \omega' = \frac{22,22}{25} \times 0,168$

$$\tan \omega' = 0,149$$

AN finale : $C_\Delta(A) = 2 \times 100 \times 0,149$

$$C_\Delta(A) = 29,80 \Delta$$

La convergence du couple oculaire exprimée en angle métrique est égale à :

$$C_{am}(A) = \frac{C_\Delta(A)}{Q'_d Q'_{G \text{ cm}}}$$

AN : $C_{am}(A) = \frac{29,80}{5,8}$

$$C_{am}(A) = 5,14 \text{ am}$$

Partie n°7 – Conclusion et proposition d'équipement

7.1- La réfraction axiale principale de la cliente est égale à $-4,65 \delta$. Au-delà de 20 cm, la cliente voit les objets flous et d'autant plus flou que l'objet est éloigné.

Son acuité visuelle à 5 m est très inférieure à 1/10 (estimation en extrapolant la règle de Swaine : $\approx 1/20$). Elle ne pourra pas reconnaître un visage situé à une distance de 5 mètres d'elle, ni lire sur un écran d'ordinateur situé à 60 cm, ni même lire un livre positionné à 40 cm d'elle.

Il est donc indispensable dans sa vie courante de porter une compensation.

7.2- En estimant l'accommodation maximale de la cliente à au moins $8,25 \delta$ ($A_{\max} = 15 - \frac{\text{âge}}{4}$), on constate que la sollicitation accommodative ($6,67 \delta$) est importante pour la distance de travail de 15 cm. Cette accommodation dépasse l'accommodation de confort de la cliente estimée à $4,00 \delta$ ($A_{\text{conf}} \leq \frac{1}{2} A_{\max}$).

Les calculs réalisés montrent qu'en retirant sa paire de lunettes pour voir les détails de sa dentelle, la cliente les voit « plus gros » (la dimension de l'image rétinienne est plus grande) tout en accommodant d'une valeur confortable pour son âge ($1,50 \delta$).

Ces deux paramètres sont les intérêts essentiels pour la cliente de retirer ses lunettes.

7.3- Les deux intérêts essentiels de garder ses lunettes sont :

- de moins converger lorsqu'elle regarde au près ($5,14 \text{ am}$ au lieu de $5,71 \text{ am}$) ;
- d'avoir une relation accommodation-convergence plus proche de la normale ($\text{Acc}(\delta) \approx \text{C}(\text{am})$).

7.4- Verre droit : $-5,00 \delta$ $\frac{1}{2}$ écart droit de montage : 29 mm

Verre gauche : $-5,00 \delta$ $\frac{1}{2}$ écart gauche de montage : 29 mm

La compensation de $-5,00 \delta$ correspond à la compensation la moins divergente donnant une acuité visuelle maximale à la cliente.

Concernant le centrage horizontal, les verres seront centrés en appliquant la règle de ponctualité dans le plan horizontal.

7.5-

Mme Chupin n'a d'autre choix que de porter ses lunettes tout le temps.

En tenant compte de son activité (comptable) je lui conseille lors d'un travail prolongé en vision rapprochée de faire une pause régulièrement, de cligner plusieurs fois des yeux au début de la pause et d'observer des objets très éloignés (regarder un paysage) si possible.

Pour son activité secondaire (restauration de dentelles), je lui conseille également le port de lunettes avec retrait occasionnel pour le contrôle des finitions.

PROBLEME 2

1-

		Vergence « Lunettes »	Vergence « Lentilles »
Œil droit ou gauche	Méridien 0°-180°	-13,00 δ	-11,25 δ
	Méridien 90°-270°	-15,25 δ	-12,75 δ

La formule compensatrice de l'œil droit en système de contact est $-11,25(-1,50)_0^\circ$.

La formule compensatrice de l'œil gauche en système de contact est $-11,25(-1,50)_0^\circ$.

2- Pour les deux yeux, la toricité cornéenne étant de 10/100 de mm (7,80 -7,70), l'astigmatisme cornéen est estimé à 0,6 δ.

Le rayon le plus plat (7,80 mm) étant orienté à l'horizontale, l'astigmatisme cornéen est direct

La formule du verre compensateur de l'astigmatisme cornéen est donc : $\text{plan}(-0,60)_0^\circ$

3- On a l'égalité :

$$\begin{array}{l} \text{Valeur de l'astigmatisme total calculée au} \\ \text{niveau du sommet cornéen (S)} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{Valeur de l'astigmatisme} \\ \text{cornéen calculée en S} \end{array} \subset \begin{array}{l} \text{Valeur de l'astigmatisme interne} \\ \text{calculée en S} \end{array}$$

D'où

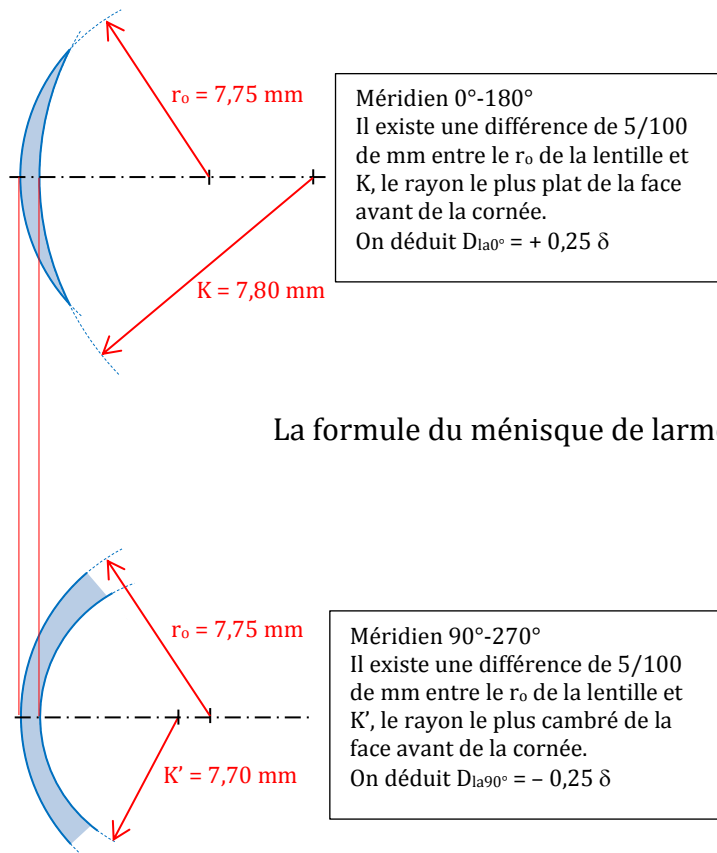
$$\begin{array}{l} \text{Formule de compensation de} \\ \text{l'astigmatisme total en S} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{Formule de compensation de} \\ \text{l'astigmatisme cornéen en S} \end{array} \subset \begin{array}{l} \text{Formule de compensation de} \\ \text{l'astigmatisme interne en S} \end{array}$$

Soit :

$$\text{Œil droit:} \quad \text{Plan } (-1,50)_0^\circ \Rightarrow \text{Plan } (-0,60)_0^\circ \subset \text{Plan } (-0,90)_0^\circ$$

$$\text{Œil gauche :} \quad \text{Plan } (-1,50)_0^\circ \Rightarrow \text{Plan } (-0,60)_0^\circ \subset \text{Plan } (-0,90)_0^\circ$$

4-



La formule du ménisque de larmes est : $+0,25 (-0,50)_{0^\circ}$

Figure 11 – Section du ménisque de larmes

5- On a l'égalité :

Compensation théorique en (S) \Rightarrow Vergence du système de contact portée \subset Vergence de la réfraction complémentaire en S

➤ Calcul de la vergence du système de contact portée pour les deux yeux :

Vergence du système de contact portée \Rightarrow Vergence de la lentille portée \subset Vergence du ménisque de larmes
 $-12,25(-0,50)_{0^\circ} \Rightarrow -12,50 \subset +0,25(-0,50)_{0^\circ}$

Soit : $-11,25(-1,50)_{0^\circ} \Rightarrow -12,25(-0,50)_{0^\circ} \subset +1,00(-1,00)_{0^\circ}$

La réfraction complémentaire attendue au niveau du sommet cornéen est pour l'œil droit et pour l'œil gauche est : $+1,00(-1,00)_{0^\circ}$.

6- Des contre-indications possibles pour les lentilles souples sont :

- une quantité insuffisante de larmes ;

- un pinguécula avancé

7- Les lentilles sélectionnées par le Docteur Jean Grenette sont des lentilles rigides sphériques. Dans sa partie centrale la face avant des lentilles est sphérique et la face arrière également.

Les lentilles sélectionnées par le Docteur Amélie Crozier sont des lentilles rigides dites « torique face avant ». Dans sa partie centrale la face avant des lentilles est torique alors que la face arrière est sphérique.

8- La réfraction complémentaire montre qu'il va subsister un astigmatisme direct non compensé de 1,00 δ sur chaque œil si l'adaptation est réalisée avec une lentille sphérique.

Cet astigmatisme résiduel pénalisera l'acuité visuelle et peut générer des signes asthénopiques. Une lentille torique offrira donc un meilleur confort visuel.

9- Le client myope doit davantage accommoder pour voir un objet rapproché lorsqu'il est compensé en système de contact que lorsqu'il est compensé en lunettes.

Cette différence d'accommodation est d'autant plus forte que :

- la réfraction axiale principale de l'œil est importante ;
- la distance verre-sommet cornéen est forte.

En compensant un client avec des lentilles de contact, la demande accommodative pour voir un objet nettement devient comparable à celle d'un emmétrope.

Il est donc logique qu'à 47 ans, Mme Martin éprouve des gênes en vision rapprochée puisque c'est l'âge moyen chez des sujets emmétropes d'apparition de la presbytie.

10- Les trois types d'adaptation dédiés spécialement aux presbytes sont :

- la monovision
- la vision alternée
- la vision simultanée

11- Cette distance correspond au *punctum proximum* apparent (P_L) puisqu'il s'agit du point le plus rapproché où Mme Martin voit encore nettement alors qu'elle est parfaitement compensée avec ses lentilles : $\overline{LP_L} = -33,33$ cm

On déduit donc l'accommodation apparente maximale de Mme Martin :

$P_L \xrightarrow{\text{œil emmétropisé} + A_{\max}} R'$ avec comme formule de l'accommodation appliquée à l'accommodation apparente maximale : $A_{L\max} = -\frac{1}{LP_L}$

$$\underline{AN} : A_{L\max} = -\frac{1}{-333 \times 10^{-3}}$$

$$A_{L\max} = +3,00 \delta$$

12- La distance habituelle de travail de Mme Martin est estimée à 40 cm.

Calcul de l'addition de confort à 40 cm

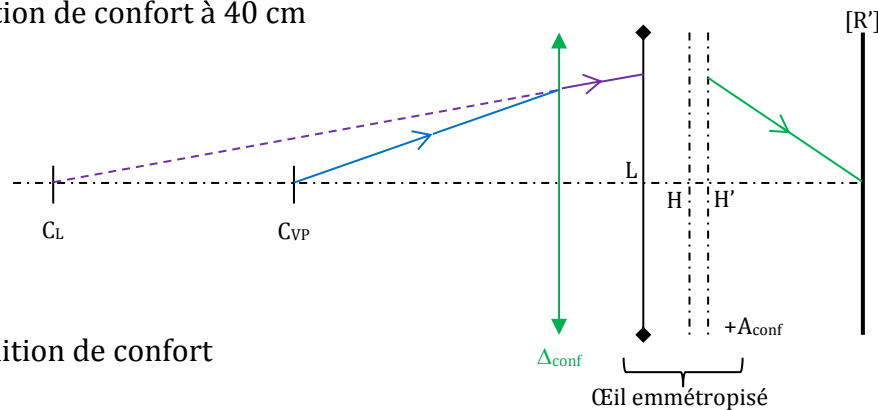


Figure 12 – Addition de confort

$$\begin{matrix} C_{VP} \\ T \end{matrix} \xrightarrow{\Delta_{\text{conf}}} \begin{matrix} C_L \\ T \end{matrix} \xrightarrow{\text{œil emmétropisé} + A_{\text{conf}}} R'$$

- 40 cm

$$\frac{1}{LT} + \Delta_{\text{conf}} = \frac{1}{LC_L}$$

$$\Delta_{\text{conf}} = \frac{1}{LC_L} - \frac{1}{LT}$$

➤ Position du point de confort apparent

En prenant comme valeur limite d'accommodation confortable

$$A_{L\text{conf}} = \frac{1}{2} A_{L\max} = +1,50 \delta$$

$$A_{L\text{conf}} = -\frac{1}{\overline{LC_L}}$$

$$\overline{LC_L} = -\frac{1}{A_{L\text{conf}}}$$

$$\underline{AN} : \overline{LC_L} = -\frac{1}{1,50}$$

$$\overline{LC_L} = -66,67 \text{ cm}$$

$$\underline{AN \text{ finale}} : \Delta_{\text{conf}} = \frac{1}{-66,67 \times 10^{-2}} - \frac{1}{-40 \times 10^{-2}}$$

$$\Delta_{\text{conf}} = +1,00 \delta$$

13- Le parcours apparent de vision nette et confortable lorsqu'elle porte cette addition est située entre le *remotum* apparent de vision de près (R_{VP}) et le point limite de confort de vision de près (C_{VP}).

➤ Position du *remotum* de vision rapprochée

$$\begin{matrix} R_{VP} \\ F_{\Delta} \end{matrix} \xrightarrow{\Delta_{conf}} \begin{matrix} R_L \\ \infty \end{matrix} \xrightarrow{\text{oeil emmétropisé} + (Acc=0)} R'$$

$$\overline{LR_{VP}} = \overline{LF_{\Delta}} = -\frac{1}{\Delta_{conf}}$$

$$\underline{AN} : \overline{LR_{VP}} = -\frac{1}{+1}$$

$$\overline{LR_{VP}} = -100 \text{ cm}$$

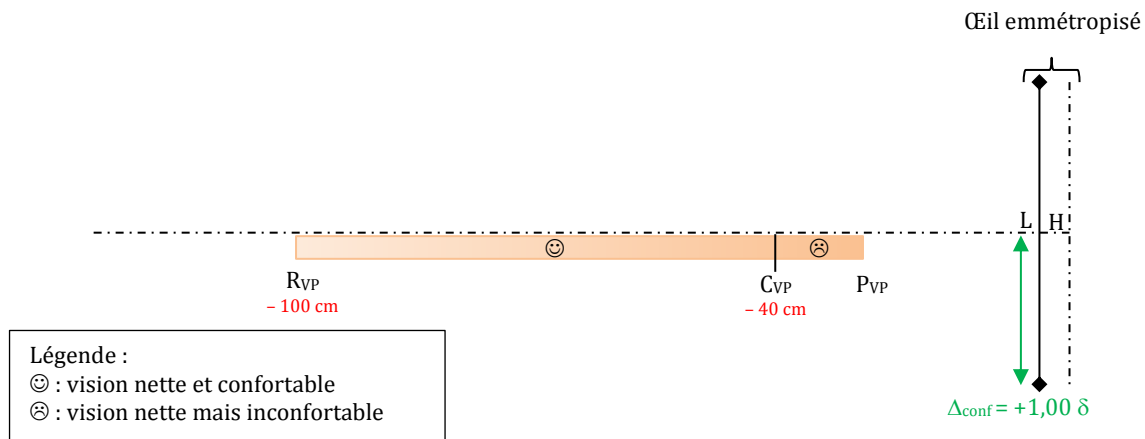


Figure 13 – Parcours d'accommodation apparent de vision rapprochée

Cette addition lui permet une vision nette et confortable de 1 mètre à 40 cm, englobant ainsi toutes les activités usuelles en vision de près nécessaires à son activité : préparation des biberons, des repas, soins apportés aux nourrissons

14- Avec une monture plein champ la vision est floue pour une distance plus grande qu'un mètre.

Elle est donc obligée de retirer et de poser ses lunettes régulièrement ce qui n'est pas pratique. Si elle choisit de les avoir suspendues au cou avec l'aide d'une chaînette, elle risque de se les faire arracher par les enfants.