



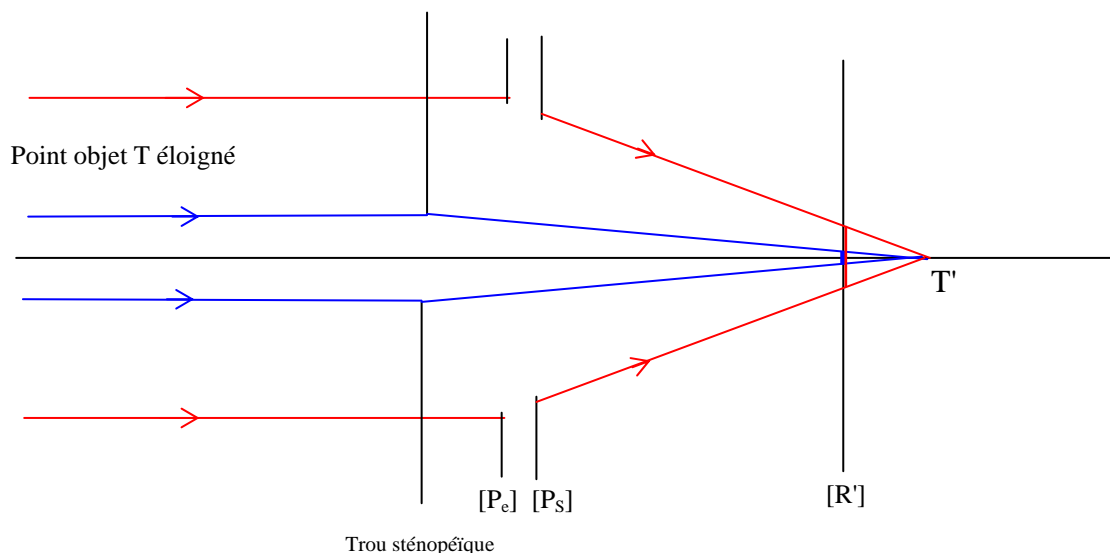
## PROBLEME 1

- 1) Œil droit: Avec ses lunettes, ses acuités de loin et de près sont identiques et l'ajout de verres  $+0,25$  ou  $-0,25$  ne modifie pas l'acuité de loin, donc le sujet ne porte vraisemblablement pas la sphère la plus convexe donnant la meilleure acuité. L'acuité peut être limitée par l'astigmatisme résiduel car le sujet répond au cadran de Parent. Cet astigmatisme résiduel serait de l'ordre de  $1 \delta$  d'axe à  $0$  ou  $90^\circ$ . Mais le sujet peut aussi présenter une amblyopie légère pour cet œil droit.
- Œil gauche: Avec ses lunettes, ses acuités de loin et de près sont bonnes, l'ajout de verres  $+0,25$  ou  $-0,25$  ne modifie pas l'acuité de loin et il ne répond pas au test de Parent. On peut donc considérer qu'il est bien compensé pour cet œil.
- Vision binoculaire: Les acuités obtenues en vision binoculaire sont celles de l'œil gauche. Les problèmes qu'il ressent peuvent être dus à la mauvaise compensation de l'œil droit ou à un problème d'origine motrice puisqu'il a tendance à voir les objets dédoublés.

2.1) Le trou sténopéique placé devant l'œil droit ne fait pas augmenter l'acuité du sujet. Cette acuité n'est donc pas limitée par une tache de diffusion due à une mauvaise mise au point ou à un astigmatisme résiduel. Cet œil présente une amblyopie légère.

2.2) Principe du trou sténopéique:

Considérons le cas d'un œil dont la mise au point n'est pas parfaite.



En rouge figure les limites du faisceau entrant dans l'œil en situation habituelle et en bleu les limites lorsque le trou sténopéique est placé devant cet œil. La tache de diffusion a un diamètre (marqué en rouge sur  $R'$ ) sans trou et en bleu avec trou. On constate que l'introduction du trou sténopéique qui crée une pupille d'entrée artificielle diminue les

dimensions de la tache de diffusion, l'acuité augmente donc dans ce cas (critère de lisibilité de Swaine).

Lorsque la mise au point est correcte, le point T' est sur la rétine et la présence du trou sténopéique ne fait que limiter la quantité de lumière entrant dans l'œil.

- 3.1) Avec le test de l'équilibre binoculaire on recherche à obtenir une mise au point identique pour les deux yeux en fonctionnement binoculaire.
- 3.2) Ce sujet a une acuité différente pour les deux yeux. Il faut donc utiliser pour l'équilibre binoculaire un test ne faisant pas appel à des capacités de lecture ni à une comparaison de netteté entre les deux yeux. Avec ces tests, on pénaliserait l'œil gauche qui est le meilleur. On choisit donc le test rouge vert polarisé ou un test rouge vert avec les prismes de Von Graefe.
- 4.1) Le sujet est ésoptore de  $4 \Delta$ . Les lignes de regard dissocié du couple se croisent donc dans le plan horizontal.

Vue de dessus du couple oculaire

Compensation

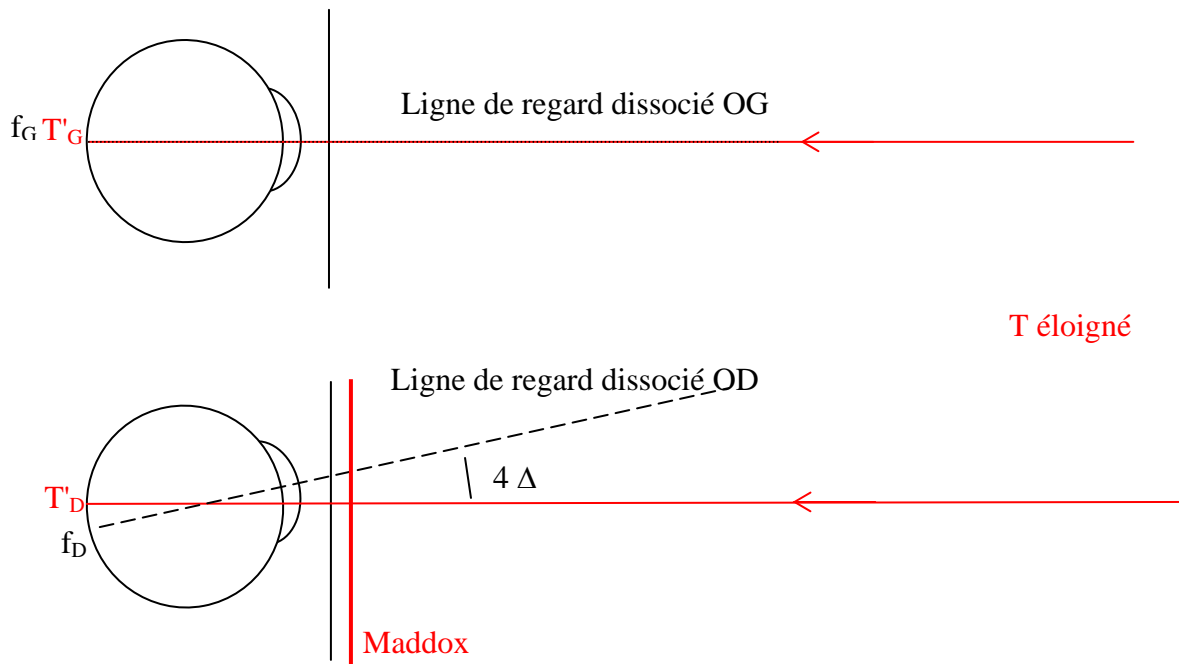
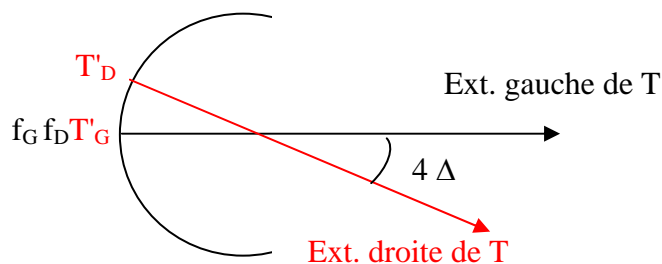


Schéma de l'œil cyclope



Le sujet répondra donc qu'il voit le point rouge (vu par l'œil droit) situé à droite du point blanc (vu par l'œil gauche). Comme il est ésophore de  $4 \Delta$ , la distance entre les deux extériorisations sera de 20 cm.

4.2 ) La nouvelle compensation du sujet est moins concave que l'ancienne de  $0,50 \delta$ . Il doit donc pour voir net au loin accommoder plus fortement avec sa nouvelle compensation. Cette augmentation de l'accommodation mise en jeu entraîne une augmentation de la convergence accommodative (liaison accommodation convergence). L'ésophorie relevée avec la nouvelle compensation doit donc être plus importante que celle que l'on aurait mesurée avec l'ancienne.

4.3.1) Le sujet est hyperphorique droite sur gauche de  $2 \Delta$  en VL. La ligne de regard dissocié de l'œil droit se trouve donc au dessus de la ligne de regard dissocié de l'œil gauche.

Schémas du couple oculaire:

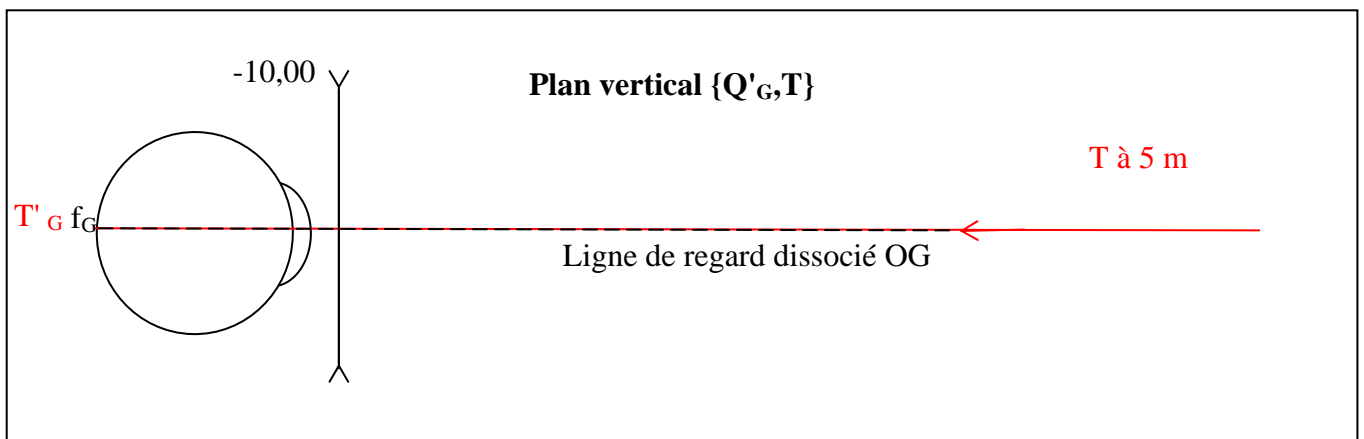
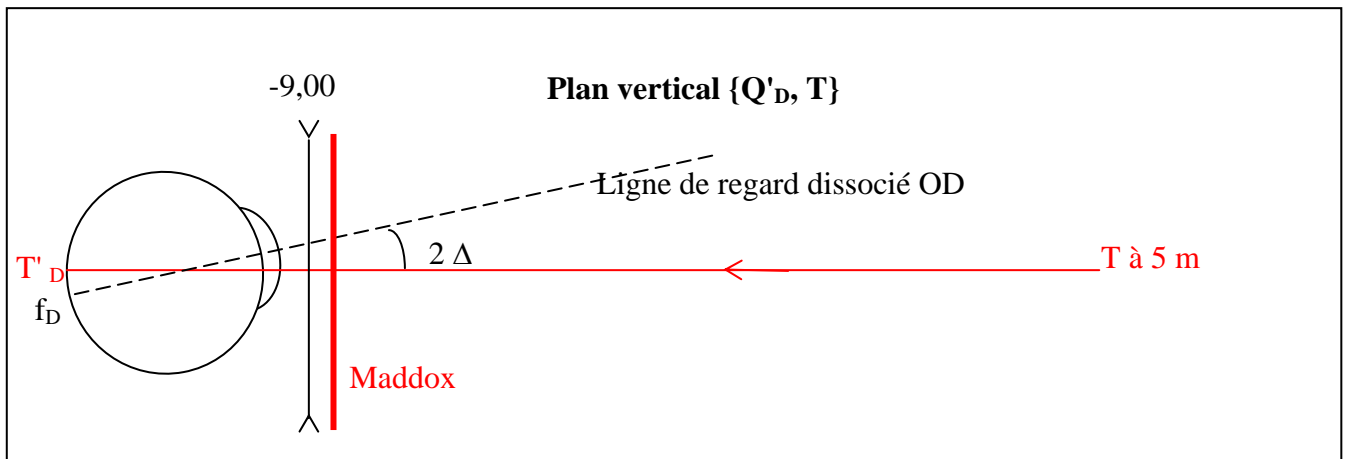
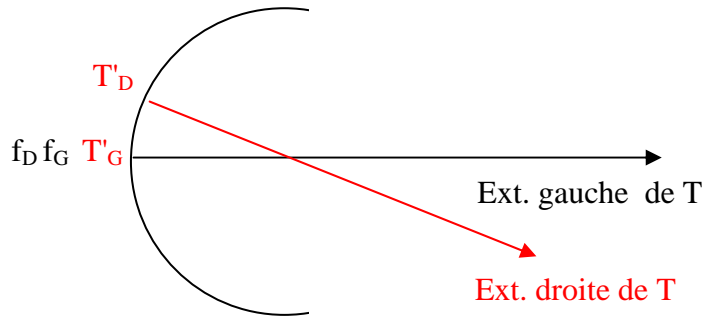
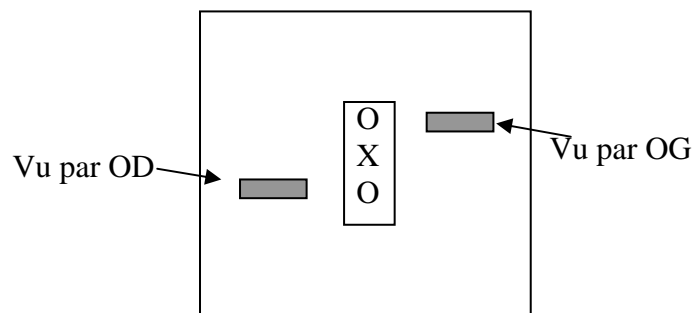


Schéma de l'œil cyclope:



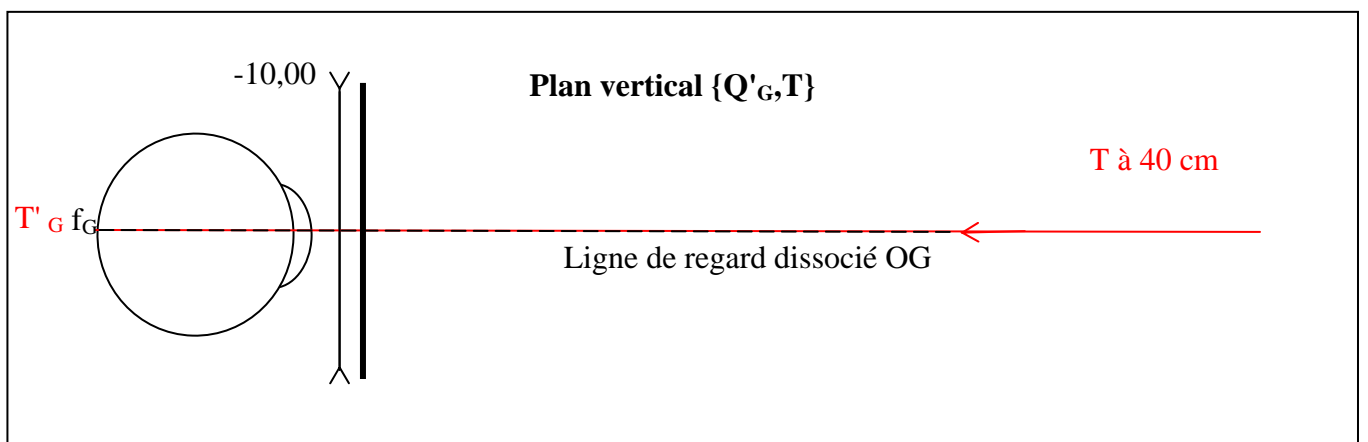
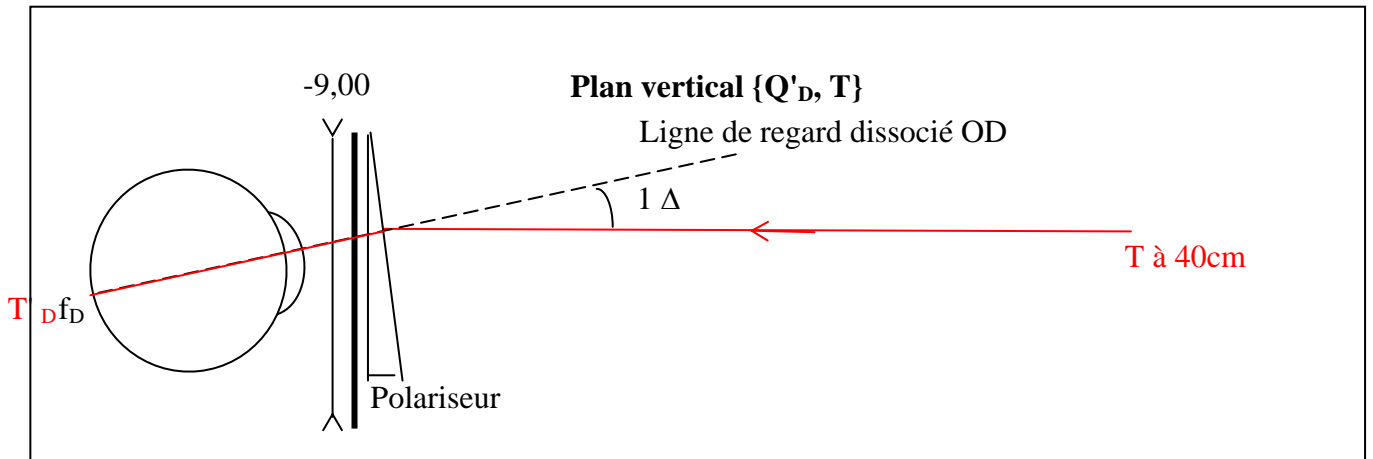
Le sujet verra donc le point rouge au dessous du point lumineux blanc. La distance entre les deux extériorisations sera de 10 cm.

4.3.2) Le sujet, regardant le test de Mallett, ne compense que la moitié de son hyperphorie. Il reste donc une hyperdisparité droite sur gauche de  $1 \Delta$ . Il verra le rond central simple et les deux éléments de disparité décalés. Celui vu par l'œil droit sera plus bas que celui vu par l'œil gauche



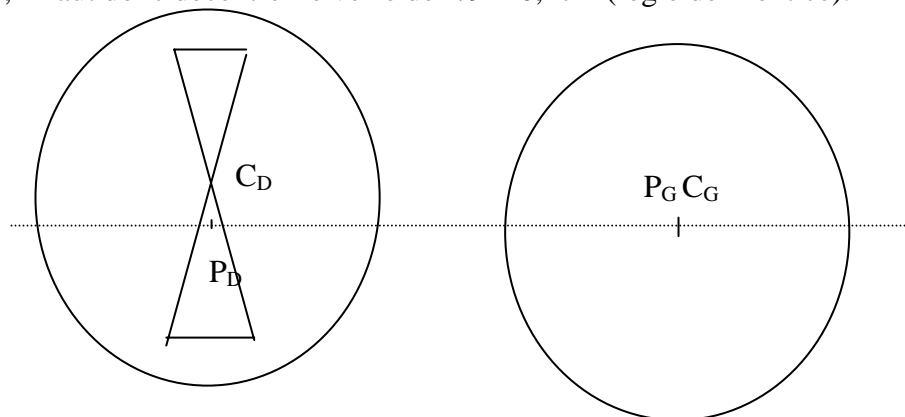
4.3.3) Comme avec le test de Mallett, son hyperphorie résiduelle est de  $1 \Delta$ , on mettra pour résoudre son problème d'hyperphorie un prisme de  $1 \Delta$  base inférieure devant l'œil droit.

*(Le texte ne semble pas exiger de schéma justifiant le prisme base supérieure: je le mets à titre indicatif.)*



*Schéma du couple regardant le Mallet de près avec prisme de réalignement)*

Dans le méridien vertical, la puissance du verre droit est de  $9 \delta$ . Pour réaliser un effet prismatique de  $1 \Delta$ , il faut donc décentrer le verre de  $1/9 = 0,1 \text{ cm}$  (règle de Prentice).



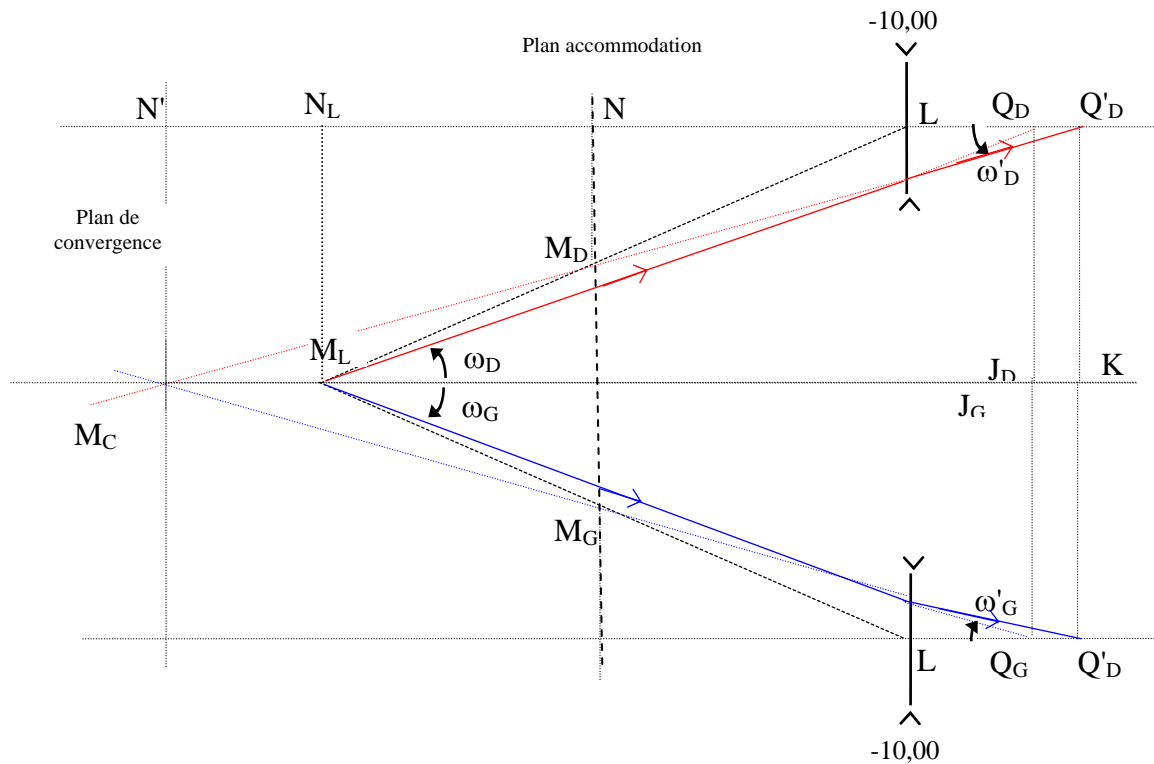
Pour avoir un effet base inférieure sur l'œil droit, il faudra décentrer le verre vers le haut.

5.1.1)  $Q'_D$  et  $Q'_G$  sont les centres de rotation vrais des yeux et  $Q_D$  et  $Q_G$  les centres de rotation apparents.

$M_L \xrightarrow{\text{verre de } -10,00} M_D \xrightarrow{\text{œil droit méridien horizontal}} M'_D \text{ sur } R'$

$M_L \xrightarrow{\text{verre de } -10,00} M_G \xrightarrow{\text{œil gauche}} M'_G \text{ sur } R'$

### Schéma du couple oculaire dans le plan horizontal:



#### 5.1.2) Calcul de l'accommodation nécessaire.

Position de l'image intermédiaire: On considère les projections sur l'axe optique du verre.

$$-\frac{1}{\overline{LN}_L} + \frac{1}{\overline{LN}} = D_L \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{\overline{LN}} = D_L + \frac{1}{\overline{LN}_L}$$

$$\overline{LN} = \frac{1}{-10 + \frac{1}{-0,4}} = -8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Réfraction de l'œil gauche ou de l'œil droit dans le méridien horizontal:

$$R_G = \frac{1}{\overline{HR}} = \frac{1}{\overline{HL} + \overline{LR}} = \frac{1}{\overline{HL} + \frac{1}{D_L}} = \frac{1}{-0,015 + \frac{1}{-10}} = -8,7 \delta$$

Calcul de l'accommodation théorique:

$$A = R - \frac{1}{\overline{HN}} = -8,7 - \frac{1}{-0,015 - 0,08} = 1,8 \delta$$

#### 5.1.3) Calcul de la convergence requise

$$NM_D = \frac{\overline{LN}}{\overline{LN}_L} \times N_L M_L = \frac{8}{40} \times 3 = 0,6 \text{ cm}$$

$$\omega'_D (\Delta) = 100 \times \frac{NM_D}{NM_L} = 5,71 \Delta$$

$$C(\Delta) = 2 \times 5,71 = 11,4 \Delta$$

$$C(\text{am}) = \frac{C(\Delta)}{Q'_d Q'_G (\text{cm})} = 1,9 \text{ a.m}$$

5.1.4) Les mesures de l'accommodation nécessaire en dioptries et la convergence en a.m sont très voisines, le sujet aura donc une liaison accommodation convergence normale.

5.2.1) Systèmes de contact

œil droit

méridien à 0°

$$D_{s0} = \frac{1}{SR} = \frac{1}{HR} = \frac{1}{HL + LR} = \frac{1}{HL + \frac{1}{D_{L0}}} = \frac{1}{-0.015 + \frac{1}{-10}} = -8,70 \delta$$

méridien à 90°

$$D_{s90} = \frac{1}{-0,015 + \frac{1}{-9}} = -7,93 \delta$$

**-7,93 (-0,77)90°**

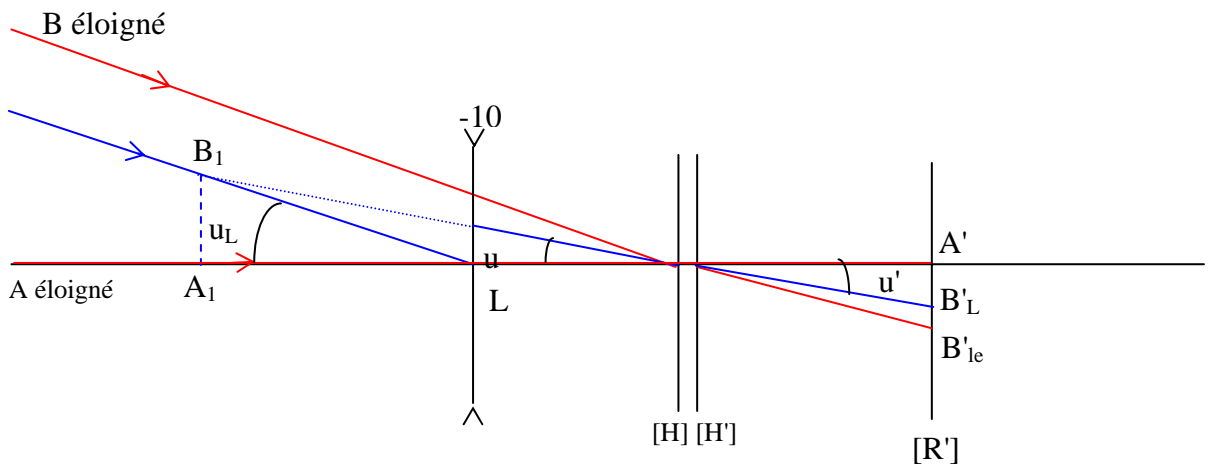
œil gauche

**-8,70 δ**

5.2.2) Si on considère les lentilles placées en H, les yeux se comportent comme des yeux emmétropes. L'accommodation nécessaire pour voir à 50 cm est alors de 2,50 δ. Avec les lentilles il n'y a plus d'effet prismatique, la convergence est de 2,5 a.m. La relation accommodation convergence est donc normale.

6.1) Avec la lentille supposée en H, l'œil se comporte comme un œil emmétrope et donne donc d'un objet AB éloigné une image A'B'<sub>le</sub>.  
Avec le verre, nous avons la chaîne d'images:

AB éloigné  $\xrightarrow{\text{verre}}$  A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> dans le plan remotal  $\xrightarrow{\text{œil gauche}}$  A'B'<sub>L</sub>



On constate que l'image rétinienne d'un objet donné est plus grande lorsque le sujet est équipé en lentilles. L'acuité mesure la capacité de discrimination du système visuel donc la plus petite image rétinienne séparable. L'objet donnant cet image sera donc plus petit avec les lentilles qu'avec les lunettes. Il pourra donc voir des optotypes plus petits.

Calcul du grossissement du au verre:

\_ - Taille de l'image rétinienne avec le verre de lunettes

$$u_L \times \overline{LA_1} = u \times \overline{HA_1}$$

Objet à l'infini  $\Rightarrow A_1$  confondu avec  $F'_L$

$$u_L \times \overline{LF} = u \times \overline{HF} = u \times (\overline{HL} + \overline{LF}) \quad \text{or} \quad D_L = \frac{1}{\overline{LF}}$$

$$u = \frac{u_L}{\overline{HL} \times D_L + 1}$$

$$\text{Taille de l'image rétinienne : } y' = O'T' = \frac{u}{R'} = \frac{u_L}{R'} \times \frac{1}{1 + \overline{HL} \times D_L}$$

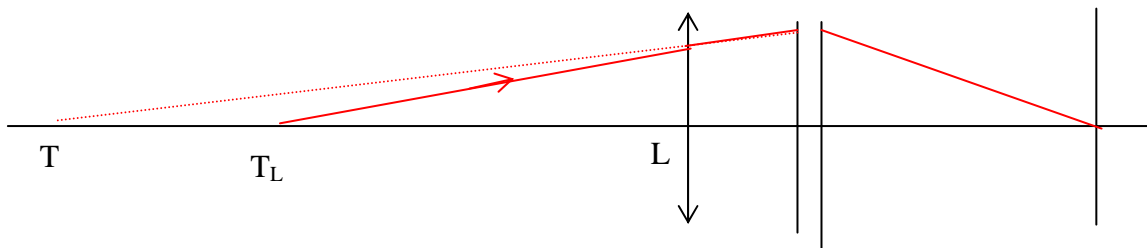
Avec les lentilles, l'image rétinienne aura une taille  $y'_{le} = u_L/R'$ .

On constate donc que le verre introduit un grossissement inférieur à 1:

$$y' = \frac{1}{1 + 0,015 \times 10} = 0,87$$

Quand on passe du verre aux lentilles, l'image rétinienne devient 13% plus grande. L'œil gauche aura probablement une acuité de 14/10.

- 6.2)  $T_L$  point de l'objet situé à sa distance de travail 40 cm. Avec ses lentilles, l'accommodation nécessaire pour voir le test net est de 2,5  $\delta$  (lentilles supposées en H). Il pourra voir net à cette distance mais un travail prolongé le fatiguera puisque son accommodation restante est inférieure à 5  $\delta$ .



$$T_L \xrightarrow{\text{Add}} T \xrightarrow{\text{oeil compensé lentilles}} T'$$

L'accommodation apparente pour l'œil portant l'addition est donc alors:

$$A_L = -\frac{1}{LT} = \frac{1}{LT_L} - \text{Add}$$

Pour que la vision prolongée au près soit confortable, l'accommodation apparente nécessaire doit être inférieure à la moitié de l'accommodation restante.

$$\frac{1}{-0,4} - \text{Add} < 1,50 \quad \Rightarrow \quad \text{Add} > 1$$

On choisit la plus petite valeur de l'addition. On lui proposera donc une addition de 1  $\delta$ .

6.3) Le sujet étant presbyte, il lui faut une addition au près. On pourrait lui proposer des lentilles progressives mais cet équipement ne sera sans doute pas satisfaisant pour cette personne qui est comptable et qui a besoin d'une vision de près précise. Il lui faut donc porter des lunettes pour son travail au près.



## Problème 2

- 1.1) Le sujet n'a jamais porté de lunettes. Lorsqu'on place sur son œil gauche le verre  $+1,50$  ( $-1,50$ ) $165^\circ$ , celui-ci va induire une modification des images rétinienne en particulier un phénomène de déclinaison. Cette modification de l'image rétinienne gauche va être interprétée par le système visuel comme une disparité stéréoscopique. La perception spatiale du sujet est donc perturbée ce qui peut provoquer les gênes évoquées.
- 1.2) Avec des lentilles de contact, la modification des images rétinienne induite par la compensation est beaucoup plus faible qu'avec un verre de lunettes. La perturbation induite sera alors probablement inférieure au seuil de stéréoscopie de sujet et ne perturbera plus sa vision spatiale.

2.1) Nous avons  $42 \delta$  pour un rayon de 8 mm ce qui correspond à un indice:

$$D = \frac{n-1}{R} \quad \Rightarrow \quad n = 1 + D \times R = 1 + 42 \times 8 \cdot 10^{-3} = 1,336$$

Dans l'autre méridien on a  $42,5 \delta$  pour 7,9 mm ce qui donne  $n=1,336$   
Ce kératomètre a été gradué avec l'indice des larmes 1,336

2.2) *Le schéma proposé est ambigu: que désignent les valeurs  $15^\circ$  et  $105^\circ$ ? Doit-on comprendre que l'on a tourné l'appareil (mais comment?) . Compte tenu de la suite de l'exercice et de la correction qui a été effectuée pendant l'épreuve je choisis comme méridiens principaux pour cet œil  $165^\circ$  et  $75^\circ$ .*

Puissance de la cornée dans les deux méridiens:

$$D_{165} = \frac{1,377-1}{8 \cdot 10^{-3}} = 47,1 \delta \quad D_{75} = \frac{1,377-1}{7,9 \cdot 10^{-3}} = 47,7 \delta$$

L'astigmatisme cornéen est donc direct et vaut  $0,6 \delta$ . Son compensateur en S serait  $(-0,6)165^\circ$

2.3) L'astigmatisme total de l'œil est nul. L'astigmatisme interne compense donc l'astigmatisme cornéen il est inverse et vaut  $0,6 \delta$ . Son compensateur en S serait  $(+0,6)165^\circ$ .

3.1) L'astigmatisme total de l'œil gauche en L est  $1,50 \delta$ . Les puissances de la compensation dans les méridiens principaux étant faibles ( $1,5$  et  $0$ ), on peut admettre que le compensateur de l'astigmatisme en S est  $(-1,50)165^\circ$ . L'astigmatisme interne à pour compensateur  $(+0,6)165^\circ$ . Le compensateur de l'astigmatisme cornéen est donc égal = comp. astig. total - comp. astig. interne.

Comp. astig. cornéen =  $(-1,50)165 - (+0,6)165^\circ = (-2,10)165^\circ$ . C'est un astigmatisme direct de  $2,1 \delta$ .

Puissance de la cornée dans le méridien horizontal:  $D = (1,377-1)/7,8 \cdot 10^{-3} = 48,3 \delta$ .

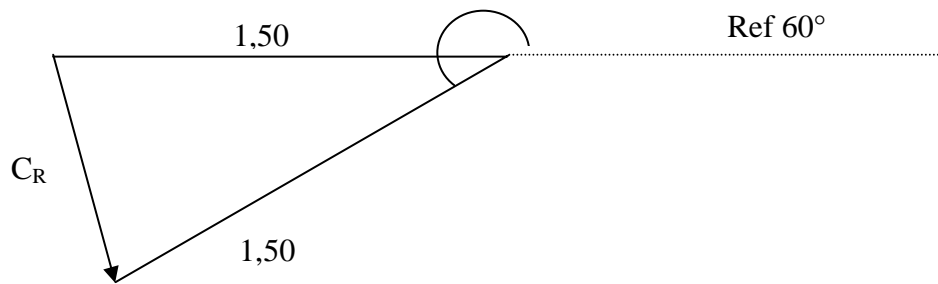
La puissance dans le méridien vertical sera donc  $48,3+2,1 = 50,4 \delta$ . On en déduit le rayon dans le méridien vertical:

$$R_{75} = \frac{1,377-1}{50,4} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

3.2) La lentille a tourné dans le sens horaire de  $15^\circ$ . La compensation portée est donc:  $+1,50$  ( $-1,50$ ) $150^\circ$ .

Réfraction complémentaire (RC) = Compensation théorique - compensation portée

$$RC = +1,50 (-1,50)165 (+) -1,50 (+1,50)150^\circ = (-1,50)165(+) + 1,50 (-1,50) 60$$



Associons les deux cylindres par la méthode graphique:

$$C_R = -0,75 \delta$$

$$S_R = -1,12 \delta \quad \alpha = 60 + 285/2 = 202^\circ$$

L'association des deux cylindres est équivalente à  $-1,12 (-0,75) 22^\circ$

$$RC = 1,50 -1,12 (-0,75)22^\circ = 0,38 (-0,75)22$$

Sur le réfracteur on aura  $0,50 (-0,75)20$  ou  $0,25 (-0,75)20^\circ$

4) La réfraction complémentaire est importante compte tenu de la compensation portée. Il faut donc commander une nouvelle lentille.

Pour que l'axe de la compensation astigmatique se place bien à  $165^\circ$  lorsque la lentille occupera sa position sur l'œil, il faut commander une lentille  $+1,50 (-1,50)180^\circ$ .