

CONSIGNES EN ANALYSE DE LA VISION

Document élaboré à partir de:

- ✓ la synthèse 2013 des rapports des précédentes commissions (P-Y Cazeaud, J Sroussi),
- ✓ les synthèses de 2015 à 2017

Ce document a pour objectif de s'accorder sur certains points au niveau du BTS OL et de repréciser des règles de bonne pratique. Il ne recense pas toutes les possibilités de réponse par thème, d'autres formulations, présentations ou raisonnement doivent être recevables s'ils sont correctement exposés et justifiés. Il évolue chaque année en fonction des propositions émanant des enseignants.

Par ailleurs un **document visant à préciser le contenu du programme** a été rédigé par un groupe de travail et est diffusé à tous les établissements de formation depuis octobre 2016.

I. Consignes générales

1. Rédaction de la copie

Si aucun point du barème n'est directement attribué à l'expression et à l'orthographe, les candidats doivent prendre conscience qu'une rédaction insuffisante ne permet pas de répondre précisément et les pénalise.

- ✓ Une copie d'analyse de la vision doit être rédigée. Le candidat doit veiller à avoir une écriture lisible.
- ✓ Les candidats doivent limiter leur réponse à la question traitée. La réponse doit cerner le cas proposé, le correcteur n'a pas à sélectionner les éléments pertinents dans une liste globale fournie par le candidat.
- ✓ Les réponses doivent être constituées de phrases courtes. Il est exceptionnel qu'une réponse nécessite une rédaction dépassant cinq lignes.
- ✓ Le jury insiste sur la nécessité d'être précis dans le vocabulaire employé pour répondre aux questions.
- ✓ La lecture des questions doit être attentive, afin d'éviter des réponses incomplètes ou hors sujet.
- ✓ Trop souvent, l'expression française est mauvaise (orthographe, syntaxe et/ou grammaire) et le candidat ne parvient pas à exprimer sa pensée, voire exprime l'inverse de sa pensée.
- ✓ Il est anormal que des mots importants du vocabulaire professionnel soient mal orthographiés comme « accommodation », « hypermétrope », « acuité au palier », « tache »... , que le verbe « voir » soit mal conjugué, que les termes d'« astigmatisme » et de « cylindre » soient souvent confondus ...
- ✓ Aucune remarque d'ordre personnel ne doit figurer dans les copies, les correcteurs devant évaluer une copie et non une personne.

2. Notations

On rappelle la nécessité de ne pas utiliser de notations trop spécifiques afin de préserver l'anonymat des copies.

- ✓ Lorsque le candidat utilise une abréviation dans sa copie, il doit l'expliquer la première fois qu'il l'utilise.
- ✓ Les abréviations de l'énoncé peuvent être utilisées sans autre précision.
- ✓ Le candidat doit choisir des notations différentes pour caractériser un point et la proximité de ce point. Le point est représenté par une lettre de l'alphabet en écriture majuscule et sa proximité par la même lettre en écriture majuscule cursive.
Par exemple, R caractérise le Remotum et \mathcal{R} la réfraction axiale principale. (Pour rappel une distance doit être notée : $\overline{HR} = \pm \dots$)

3. Justification

Toute réponse doit être justifiée si aucune indication spécifique n'est donnée dans l'énoncé.

- ✓ Une justification n'est pas une paraphrase de l'énoncé.
- ✓ Des résultats non justifiés ne peuvent être considérés comme justes.
- ✓ Les calculs doivent être justifiés par la formule littérale suivie de l'application numérique. Concernant la relation de Descartes, on accepte une présentation visuelle de la relation de Descartes, et son application associant la chaîne des conjugués et le calcul.
- ✓ D'une façon générale les formules n'ont pas à être démontrées, sauf indication contraire dans l'énoncé.

4. Schémas explicatifs

- ✓ Un schéma peut permettre de présenter une situation, de justifier une réponse. Il constitue souvent une alternative pour les candidats ayant des difficultés d'expression. Il peut être choisi par un candidat pour justifier sa réponse même si l'énoncé ne l'impose pas.
- ✓ Inversement une explication claire et détaillée peut constituer une réponse valable si un schéma n'est pas clairement demandé dans la question.
- ✓ Le candidat doit légender et annoter le schéma afin de ne laisser aucune ambiguïté sur sa réponse. Cependant un schéma seul (sans commentaire) ne peut servir de conclusion, celle-ci doit être rédigée.
- ✓ Le schéma doit être adapté à la question traitée :
 - les consignes données dans l'énoncé doivent être respectées même si elles ne correspondent pas aux habitudes du candidat,
 - les éléments influentes doivent être présents ou mentionnés en légende (verres portés, filtres, dissociateurs, proximité du test, état accommodatif, ...)
- ✓ La taille moyenne d'un schéma explicatif doit être d'environ une demi-page.
- ✓ Les rayons lumineux doivent être fléchés.

II. Consignes particulières

ATTENTION : lorsqu'on indique qu'un élément de réponse n'est pas obligatoire, cela n'exclue pas qu'il puisse être demandé explicitement dans une question.

1. Formule de conjugaison de Descartes

- ✓ Lorsque le calcul permet de mettre en relation un objet et son conjugué optique image, une chaîne d'images est nécessaire.
- ✓ La chaîne d'images doit être adaptée à la situation et aux notations qui sont utilisées dans le calcul ou le schéma.
- ✓ L'œil doit être présent dans toute chaîne d'image et son état accommodatif précisé. (à l'exception de certaines conjugaisons, par exemple la conjugaison du centre de rotation de l'œil).
- ✓ 2 présentations sont possibles (comme mentionné § 1.3)

Chaîne de conjugués + expression littérale de la relation de Descartes	Chaîne de conjugués + représentation visuelle de la relation de Descartes
Sur la flèche, peut être noté soit le nom du système, soit sa vergence.	La chaîne d'image doit inclure <u>toutes</u> les données numériques permettant le calcul. L'élément calculé doit alors clairement apparaître.
Exemple :	
Quelle est la longueur $H'R'$ d'un œil de vergence $D = 65 \delta$ et de réfraction $\mathcal{R} = -8.70 \delta$?	
$R \xrightarrow[Do]{1.336} R'$ <p>(Acc° = 0)</p> $\frac{n'}{H'R'} = \frac{n}{HR} + Do \Leftrightarrow \mathcal{R}' = \mathcal{R} + Do$ $\overline{H'R'} = \frac{n'}{\frac{n}{HR} + Do} \quad \text{ou}$ $= \frac{n'}{\mathcal{R} + Do} \quad \mathcal{R}' = -8.70 + 65$ $= \frac{1.336}{-8.70 + 65} \quad = 56.30 \delta$ <p>puis</p> $\overline{H'R'} = n' / \mathcal{R}'$ $= \frac{1.336}{-8.70 + 65} \quad = 1.336 / 56.30$ $\overline{H'R'} = +23.73 \text{ mm}$	$R \xrightarrow[Do = +65.00 \delta]{1.336} R'$ <p>(acc° = 0)</p> $-115 \text{ mm/H} \quad +56.30 \delta / H'$ $-8.70 \delta / H \quad +23.73 \text{ mm} / H'$ $Do = \frac{n'}{H'R'} - \frac{n}{HR}$
La longueur $H'R'$ de l'œil est de 23.73 mm ou $\overline{H'R'} = +23.73 \text{ mm}$	
Avantages : Formule littérale de la relation de Descartes. Mise en évidence des proximités.	Avantages : Formule littérale de la relation de Descartes. Mise en évidence des proximités. Efficacité des calculs.

- ✓ On ne peut utiliser une chaîne de conjugués ni une relation de Descartes pour des couples de points qui restent dans le même espace optique notamment entre R et P ou entre R_L et P_L ; même si on retrouve bien une formule de type :

$$X_{\text{dioptries}} = \frac{1}{H_{\dots}} - \frac{1}{H_{\dots}}$$

2. Emmétropisation monoculaire

Accommodation

Calcul

- ✓ Selon le cas, pour l'œil compensé, on peut être amené à calculer :
 - L'accommodation vraie, en passant par l'espace objet de l'œil,
 - L'accommodation apparente, en passant par l'espace objet du verre. Il s'agit alors d'un calcul approché de l'accommodation vraie de l'œil amétrope compensé.
- ✓ L'accommodation apparente est utilisée essentiellement dans les calculs de presbytie. A cette exception près, en l'absence d'indication, l'accommodation demandée est l'accommodation vraie.

Schéma

- ✓ Le schéma représentant un parcours d'accommodation doit être coté et légendé.
- ✓ La cotation des points doit se faire en unité métrique. Elle peut faire apparaître en plus la proximité en dioptries. Dans les deux cas, l'origine de la cotation doit être précisée.
- ✓ En l'absence de légende, le correcteur considère que le parcours d'accommodation correspond à la partie colorée ou hachurée du schéma.
- ✓ Les différents verres portés par l'œil doivent apparaître sur le schéma.
- ✓ Les points de confort ne sont pas systématiquement attendus, cependant le candidat peut être amené à les déterminer s'il doit raisonner en termes de confort visuel.

Presbytie

- ✓ L'estimation de la valeur de l'accommodation apparente maximale à partir de l'addition minimale doit être justifiée (par une chaîne de conjugué où le test est confondu avec Pp, ou par un schéma ou par une explication claire).

Exemple :

Quelle est l'accommodation maximale d'un sujet qui ne peut voir nettement à 33 cm qu'avec l'ajout d'un verre de + 1.00 δ ?

$\frac{1}{LP_L} = \frac{1}{LP} + \Delta_{\text{mini}} = -3 + 1 = -2 \delta$ $A_{L\text{max}} = \frac{1}{LR_L} - \frac{1}{LP_L} \quad \text{avec } \frac{1}{LR_L} = 0 \delta \text{ (compensation parfaite)}$ $= +2.00 \delta$ <p>L'amplitude accommodative apparente de ce client est donc de +2.00 δ.</p> <p>Remarque : la notation $A_{L\text{max}}$ est tolérée sur une chaîne reliant directement P_L à R'.</p>	<p>Le sujet doit fournir une accommodation proche de 3.00 δ (accommodation apparente requise) pour voir nettement la ligne de lettres présentée à 33 cm. Il a besoin d'une addition de + 1 δ en plus de son accommodation maximale pour réaliser la focalisation.</p> <p>Avec Δ mini = + 1.00 δ :</p> <p>A_L mise en jeu = A_L maximale</p> <p>A_L mise en jeu = proximité objet - addition mini</p> $= 3.00 \delta - 1.00 \delta$ $= 2.00 \delta$ <p>L'amplitude accommodative apparente de ce client est donc de + 2.00 δ.</p>
<p>Avantage : rédaction simplifiée</p> <p style="text-align: center;">mise en évidence des conjugaisons</p>	<p>Avantage : raisonnement plus proche de celui réalisé en pratique.</p>

- ✓ Il en est de même pour la détermination de la valeur de l'addition de confort à partir de la connaissance de l'accommodation apparente confortable.
- ✓ Sauf indication contraire on admet que $A_{L\text{confort}} = \frac{1}{2} A_{L\text{max}}$

Schéma optique de l'œil

- ✓ Une représentation simplifiée de l'œil peut être donnée par ses plans principaux et sa rétine.
- ✓ Le but de ce schéma est de montrer la proximité (en dioptries) d'une image par rapport au plan rétinien.
- ✓ La cotation en dioptrie peut être donnée en valeur absolue (en l'absence de flèche orientée).
- ✓ La dénomination de l'image doit être en bonne corrélation avec les éléments pris en compte :

En particulier :

- L'image d'un objet T peut toujours être nommée simplement T'
- Dans le cas d'un objet éloigné, si l'œil porte un verre, elle doit de préférence être nommée $F'_{(\text{œil} + \text{verre})}$ ou $F'_{\text{système}}$ ou $F'_{\text{compensé}}$
- Dans le cas d'un objet rapproché, la notation F' doit être exclue.
- Si l'accommodation est mise en jeu elle peut être spécifiée, ou symbolisée sur le schéma.

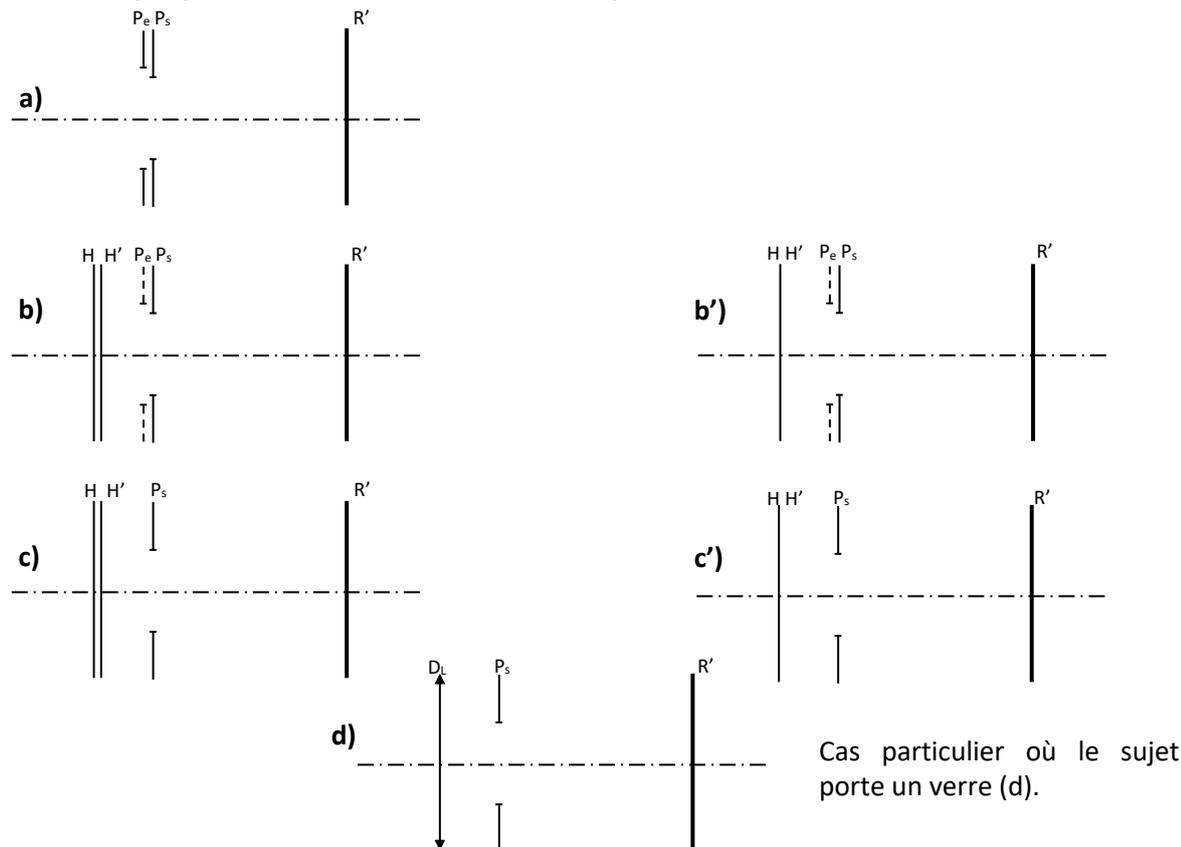
Exemple de représentation avec accommodation mise en jeu :



Schéma de tache de diffusion

Pupilles et plans principaux

- ✓ La pupille de sortie doit obligatoirement apparaître puisqu'elle limite la dimension de la tache de diffusion. La pupille d'entrée de l'œil n'est pas exigée systématiquement.
- ✓ On peut choisir de représenter :
 - Les seules pupilles d'entrée (Pe) et de sortie (Ps ou P's), tracées dans ce cas en trait plein : (a)
 - Les plans principaux (distincts ou confondus) et les pupilles, Pe en pointillés et Ps en trait plein : (b) et (b')
 - Les plans principaux (distincts ou confondus) et la pupille de sortie en trait plein, en l'absence de la pupille d'entrée (c) et (c')
- ✓ Il n'est pas possible de confondre en un même plan H, H', Pe et Ps.



Cas particulier où le sujet porte un verre (d).

Tache de diffusion

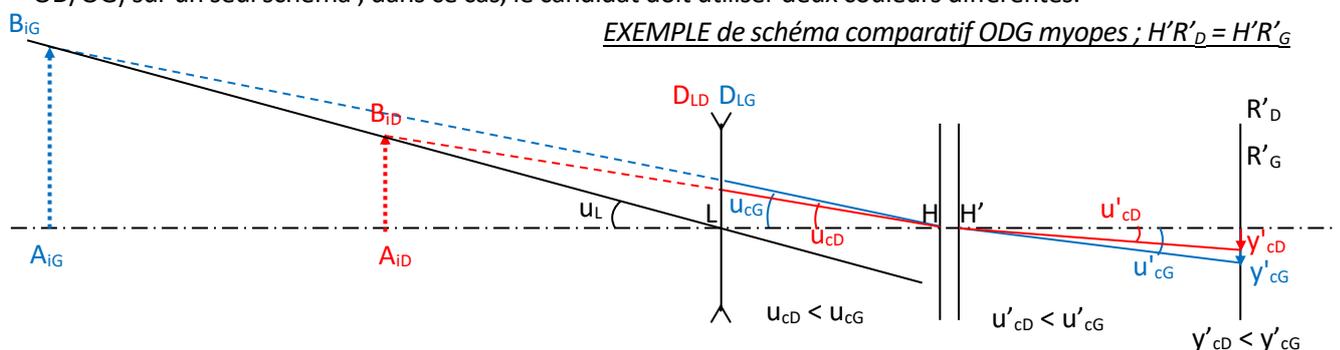
- ✓ La notion de tache de diffusion est liée à la présence d'un objet ponctuel.
- ✓ Lorsqu'un schéma a pour but de montrer la tache de diffusion correspondant à un point objet, il n'est pas utile de tracer les rayons lumineux entre le verre et la pupille de sortie. Les rayons lumineux incidents (avant le verre) ne doivent pas être prolongés virtuellement sans déviation jusqu'à la pupille d'entrée de l'œil.
- ✓ L'objet ainsi que le faisceau lumineux issu de cet objet doivent être représentés sur le schéma même si l'objet se situe à l'infini.
- ✓ Sur le schéma de la tache de diffusion sur la rétine, réalisé en vue de face, doit figurer l'orientation de la tache selon le schéma TABO externe, 0° à droite. Le repère 0° ne devient essentiel et n'est donc exigé que pour une tache orientée à 0° ou 90° .
- ✓ Sur le schéma de la tache de diffusion extériorisée, réalisé en se plaçant dans le même sens que le sujet, doit figurer l'orientation de l'extériorisation de la tache si elliptique, selon le schéma TABO interne, 0° à gauche. Le repère 0° ne devient essentiel et n'est donc exigé que pour une extériorisation orientée à 0° ou 90° .
- ✓ Les différents verres portés doivent apparaître sur le schéma ou en légende. Ils peuvent être superposés.
- ✓ L'accommodation supposée mise en jeu par le client doit être notée sur le schéma, en particulier si elle est non nulle ou ne correspond pas à l'accommodation théoriquement attendue. En l'absence de sa notation, on suppose que l'œil est à sa vergence minimale.
- ✓ Lorsque les deux méridiens principaux d'un œil astigmatique sont rabattus dans le même plan, le candidat doit utiliser des couleurs différentes.

Image rétinienne

- ✓ La démonstration de l'expression de la grandeur de l'image rétinienne en fonction de la dimension angulaire de l'objet, doit être connue, avec origine aux plans principaux.
- ✓ Dans le cas de la vision floue (pour le critère de Swaine), la démonstration de l'expression de la grandeur de l'image rétinienne, doit être connue, avec origine aux plans principaux et aux pupilles (en conformité avec l'énoncé).
- ✓ Le calcul de la taille de l'image rétinienne doit faire apparaître pour le G_L la formule adaptée au cas : VL ou VP.
- ✓ La démonstration des différentes expressions du G_L n'est plus exigée.
- ✓ La règle d'estimation du G_L doit être connue.

Schéma

- ✓ Sur un schéma d'image rétinienne, on peut utiliser les pupilles de l'œil ou les plans principaux si aucune indication spécifique n'est donnée dans l'énoncé.
- ✓ Sur un schéma ayant pour but de montrer l'aniséiconie, on utilisera de préférence les plans principaux de chaque œil comme origine.
- ✓ Les différents verres portés par l'œil doivent apparaître sur le schéma.
- ✓ L'objet et son image intermédiaire (cas de l'œil compensé) doivent figurer sur le schéma. La position de principe de l'image intermédiaire doit correspondre au cas proposé. Elle peut être déterminée par conjugaison (ou en raisonnant sur la position de l'objet par rapport au foyer objet du verre). La construction de l'image intermédiaire n'est pas obligatoire.
- ✓ Le rayon incident sur le verre correspondant à l'émergent passant par B_i n'est pas exigé.
- ✓ Lorsque cela est possible, le schéma doit faire apparaître la différence de taille des images rétiniennes et le respect des grandeurs relatives des angles.
- ✓ Les schémas sont plus explicites lorsque l'ordre de grandeur entre la distance verre-plan principal objet de l'œil et la longueur plan principal image de l'œil-plan rétinien est à peu près respecté.
- ✓ La comparaison peut être facilitée en faisant figurer les situations à comparer (œil nu /œil compensé ou OD/OG) sur un seul schéma ; dans ce cas, le candidat doit utiliser deux couleurs différentes.



- ✓ Dans le cas d'une comparaison lunettes/lentilles, pour justifier la modification théorique d'acuité visuelle liée à la modification du grossissement induit par le système compensateur, en l'absence d'indications précises dans la question posée, le raisonnement pourra s'appuyer au choix :
 - sur la comparaison de la taille des objets pour une même taille d'image rétinienne
 - sur la différence de tailles d'images rétiniennes obtenues pour un même objet.
- ✓ Selon les consignes de l'énoncé, le candidat doit être capable de comparer graphiquement soit les extériorisations, soit les images rétiniennes.
- ✓ Le rapport des extériorisations, et celui des images rétiniennes doivent être en cohérence sur un même schéma
- ✓ La comparaison de la taille des extériorisations des images rétiniennes n'est pas exploitable dans le cas de proximités rétiniennes différentes.

Astigmatisme

Nature de l'astigmatisme

- ✓ La justification de la nature d'un astigmatisme peut se faire de 3 façons différentes en fonction de l'énoncé :
 - soit en utilisant la définition s'appuyant sur la vergence des méridiens principaux ou sur les positions relatives des foyers ou des focales,
 - soit, pour la cornée, à partir de la comparaison des rayons de courbure,
 - soit à partir de l'orientation de l'axe de son cylindre compensateur.

Combinaison des astigmatismes de l'œil

- ✓ Astigmatisme total = Astigmatisme cornéen \oplus astigmatisme interne
 - Cette équation s'applique aussi bien aux défauts qu'aux compensateurs.
 - Lorsqu'on fait l'application numérique, il faut préciser si les formules utilisées sont celles des défauts ou des compensateurs.
 - Elle peut être écrite aussi sous les formes équivalentes :
 - Astigmatisme cornéen = Astigmatisme total \ominus astigmatisme interne
 - Astigmatisme cornéen = Astigmatisme total \oplus - astigmatisme interne

3. Vision binoculaire

Équilibre bioculaire

- ✓ Lors d'un équilibre bioculaire il est important de bien différencier la cible (*objet test sur lequel sera faite la comparaison*) du dissociateur (*dispositif réalisant les conditions de vision simultanée permettant la comparaison*).
- ✓ Les prismes verticaux utilisés pour la dissociation ne devraient pas être appelés prismes de Von Graefe, ce nom étant réservé à la dissociation par UN prisme (vertical ou horizontal) dans le cas de la recherche d'une hétérophorie.
- ✓ Le schéma montrant la dissociation par prismes verticaux peut être réalisé soit avec un œil (ou l'autre) fixateur, soit avec aucun des 2 yeux fixateurs, en cohérence avec une éventuelle hétérophorie verticale.

Type et nature d'une dissociation

- ✓ La distinction entre dissociation motrice et dissociation sensorielle correspond à la nature.
- ✓ Lorsque la dissociation est sensorielle, elle peut être de deux types : partiel ou total.

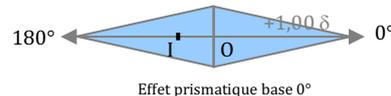
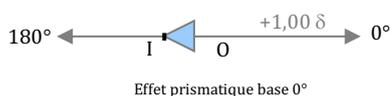
Phories dissociées / associées / disparité de fixation

- ✓ La phorie dissociée est liée à une dissociation totale de la vision binoculaire (prismes de Von Graefe ou cylindre de Maddox ou cache).

- ✓ Une phorie doit être qualifiée d'associée dès lors qu'il existe un stimulus fusionnel.
- ✓ La disparité de fixation est mise en évidence par le décalage de marqueurs monoculaires en présence d'un stimulus fusionnel fort (central dans le cas du test de Mallett, mais possiblement paramaculaires dans d'autres tests).
- ✓ Le terme de phorie associée est utilisé aussi pour désigner le prisme qui permet d'éliminer la disparité de fixation.

Schéma d'effet prismatique

- ✓ Le schéma de la paire de lunettes vue par l'opticien lorsqu'il regarde le client n'est pas obligatoire.
- ✓ La justification de l'orientation de l'effet prismatique d'un verre peut s'appuyer sur :
 - La représentation de l'effet prismatique en un point I du verre (*1^{er} schéma*)
 - La modélisation optique d'un verre par deux prismes accolés (*2^{ème} schéma*)



- une phrase du type : dans le cas d'un verre de vergence positive, la déviation des rayons lumineux se fait vers l'axe optique, donc l'orientation de la base du prisme est dans le même sens que le décentrement du centre optique...

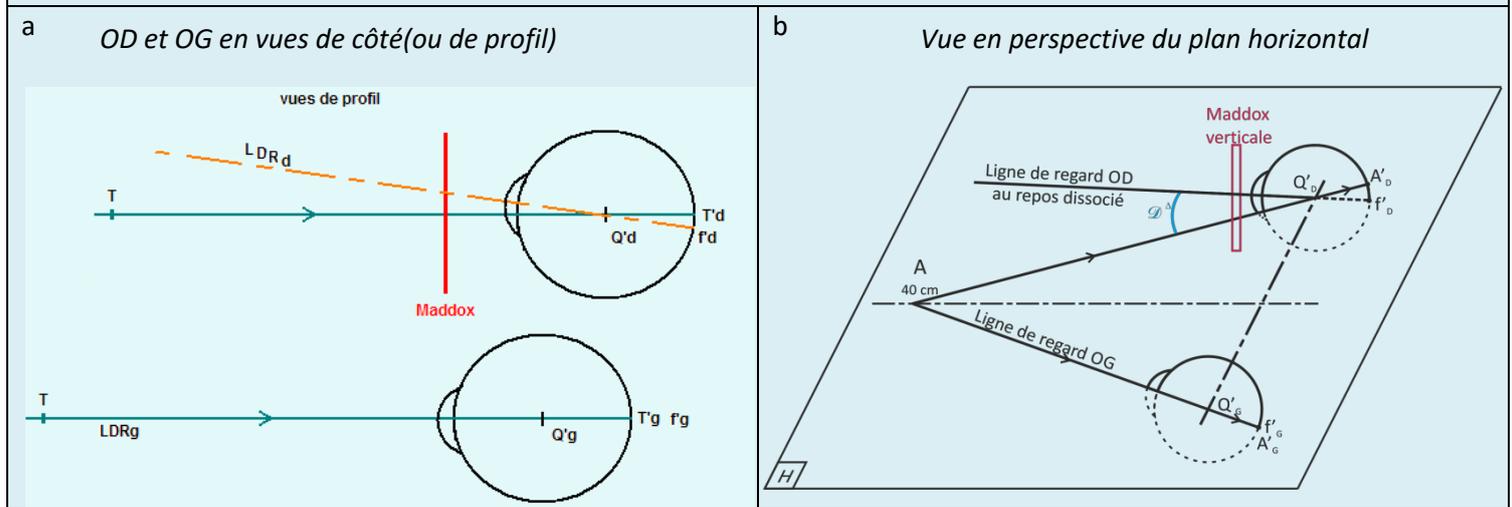
Pour les différents schémas :

- ✓ Chaque œil doit être dessiné avec sa cornée, son centre de rotation et sa fovéa.
- ✓ Les verres portés doivent être précisés sur le schéma ou en légende.
- ✓ Les rayons lumineux issus de l'objet doivent être fléchés.
- ✓ Le plan de figure ou de la vue doit être précisé si l'énoncé ne le fait pas.
- ✓ Les lignes de regard ou axes visuels doivent être clairement identifiés.

Schéma de phories

- Le schéma du couple oculaire et celui de l'œil cyclope doivent présenter le même œil fixateur, qui sera choisi librement sauf indication contraire de l'énoncé.
- Le tracé des rayons lumineux et les positions des T' doit être cohérent entre le schéma du couple et l'œil cyclope
- De préférence, le prisme de réalignement sera placé sur l'œil dévié.
- Le dissociateur doit être présent sur le schéma.
- Les directions des extériorisations ne doivent figurer que sur le schéma de l'œil cyclope.
- L'écart métrique entre les extériorisations doit être précisé, sur le schéma ou dans le texte, chaque fois que c'est possible.
- Les schémas superposés sont à bannir (OD et OG en vues de côté superposées).

- Dans le plan vertical, il pourra être fait deux schémas en vue de côté (OD vu de côté et OG vu de côté – schéma a) ou une vue « en perspective » (schéma b) :

Exemple :**Représentation d'une hyperphorie D/G en VP, Maddox OD et OG fixateur.**

Dans le cas de la figure b), il est important que le plan horizontal soit matérialisé, et que le décalage vertical soit mis en évidence.

Schéma de stéréoscopie

- La représentation de l'œil cyclope n'est pas obligatoire.
- Le dissociateur doit être précisé sur le schéma (ou en légende).
- L'angle de disparité angulaire doit apparaître sur le schéma du couple ou sur celui de l'œil cyclope.

Schéma de convergence

- Le centre de rotation apparent doit figurer sur le schéma, et sa position relative par rapport au centre de rotation vrai doit être respectée.
- Les positions relatives des centres apparents de rotation des deux yeux d'un couple oculaire doivent être conformes au cas traité.
- On admet, pour la lisibilité du schéma, que le centre apparent soit situé en dehors de la sphère oculaire.
- Les verres portés doivent être précisés sur le schéma.
- Le plan de convergence et l'angle de convergence doivent figurer sur le schéma.
- La position des plans d'accommodation n'est pas obligatoire, mais peut être demandée.
- La dénomination du plan de fixation n'est pas obligatoire mais peut être demandée.

4. Champ de regard**Définitions**

- ✓ Les champs visuels et champ de regard doivent être bien différenciés.

Schéma

- ✓ Sur un schéma du champ de regard d'un œil compensé en lunettes doivent apparaître :
 - L'axe visuel pour une rotation maximale de l'œil (≈ 40 à 45°)
 - Les rayons lumineux limites au bord du verre
 - L'anneau de diplopie ou le scotome annulaire
 - La zone de vision nette et la zone de vision floue (avec accommodation nulle)

III. Moyennes statistiques, estimations et raisonnement qualitatif

Cette partie synthétise des valeurs moyennes à connaître et propose des techniques d'estimations.

Ce document pourra être enrichi à l'avenir par d'autres propositions émanant du groupe des correcteurs.

1. Valeurs repères à connaître

Valeurs des inverses à connaître, dans l'air

proximité	distance	proximité	distance
0 δ	l'infini	2.50 δ	400 mm
0.25 δ	4 m	3.00 δ	333 mm
0.50 δ	2 m	4.00 δ	250 mm
1.00 δ	1 m	5.00 δ	200 mm
2.00 δ	500 mm	10.00 δ	100 mm

Indice de réfraction :

Sauf indications contraires, les valeurs suivantes doivent être connues et utilisées :

- Indice de réfraction de la cornée : $n_{co} = 1,377$
- Indice de réfraction des larmes : $n_{la} = 1,336$
- Indice de réfraction de l'humeur aqueuse : $n_{ha} = 1,337$ (ou 1.336)
- Indice de réfraction du corps vitré : $n_{cv} = 1,336$
- Indice de réfraction du cristallin : $n_{cr} = 1,42$

2. Emmétropisation

Valeur du compensateur exact

- ✓ Le compensateur parfait est exactement égal à la réfraction si $LH = 0$ mm
- ✓ Le compensateur parfait est toujours plus concave (ou moins convexe) que la réfraction.
- ✓ La différence entre compensateur parfait et réfraction augmente avec LH et la réfraction.

Accommodation

Estimation de l'accommodation de l'œil compensé

Si la compensation portée est parfaite

- ✓ $acc \approx acc_{\text{emmétrope}}$ avec toutefois une correction en fonction de l'amétropie :
 - $acc_{\text{myope}} < acc_{\text{emmétrope}}$
 - $acc_{\text{hyperope}} > acc_{\text{emmétrope}}$
- ✓ Quelque soit le verre porté, l'accommodation apparente donne une valeur approchée de l'accommodation vraie de l'œil compensé :

$$Acc \approx A_L = \frac{1}{LR_L} - \frac{1}{LT}$$

Accommodation maximale selon Hofstetter

- ✓ $Acc_{\text{max}} \approx 15 - 0.25 \times \text{âge}$ (valeur minimale, à favoriser)
- ✓ A partir de 60 ans, bien que l'on puisse considérer que l'amplitude accommodative est nulle, il reste la profondeur de champ (assimilée à 0.75 à 1 δ d'accommodation).

Position du P_L en fonction de l'amétropie

Pour une valeur donnée de A_{\max} :

- ✓ Si la distance $LH = 0$ mm alors la distance HP_L ne varie pas et ce quelle que soit la réfraction de l'œil. La distance HP_L de l'amétrope est égale à la distance HP de l'emmetrope.
- ✓ Si LH augmente alors la différence avec l'emmetrope augmente,
- ✓ Si la réfraction augmente la différence avec l'emmetrope augmente ;
- ✓ Le parcours est plus étendu pour les sujets myopes (HP_L diminue) et plus court pour les sujets hyperopes (HP_L augmente).

Acuité visuelle**En fonction de l'âge**

L'acuité visuelle maximale peut atteindre 20/10 chez les sujets jeunes. Par la suite l'acuité diminue et peut être limitée à 10/10 entre 50 et 70 ans, 7/10 vers 70 ans et plus.

Relation brouillage acuité pour un œil sphérique ou faiblement astigmaté

Acuité	brouillage	
$Av \leq 5/10^e$	$Br \approx \frac{1}{4 \times V}$	Application de la règle de Swaine
$Av > 5/10^e$	$Br \leq 0.50 \delta$	Non application de la règle de Swaine.
Av maximale	$Br \approx 0 \delta$	

En fonction de la valeur de l'astigmatisme

- ✓ L'acuité de palier (ou acuité au palier) d'un œil astigmaté dépend de l'importance de l'astigmatisme
 - acuité de palier supérieure à 14/10 \Rightarrow astigmatisme inférieur à 0.50δ
 - acuité de palier égale à 12/10 \Rightarrow astigmatisme de l'ordre de $0,75 \delta$
 - acuité de palier égale à 10/10 \Rightarrow astigmatisme de l'ordre de $1,00 \delta$
 - acuité de palier égale à 8 ou 9/10 \Rightarrow astigmatisme de l'ordre de $1,25 \delta$
 - acuité de palier égale à 6 ou 7/10 \Rightarrow astigmatisme de l'ordre de $1,50 \delta$
 - acuité de palier égale à 4 ou 5/10 \Rightarrow astigmatisme de l'ordre de $2,00 \delta$
 - acuité de palier égale à 2 ou 3/10 \Rightarrow astigmatisme de l'ordre de $2,50 \delta$ à $3,00 \delta$
 - acuité de palier inférieure ou égale à 1/10 \Rightarrow astigmatisme supérieur ou égal à $3,50 \delta$
- ✓ On peut aussi estimer la valeur de l'acuité au palier de l'œil astigmaté par le calcul de $1/C$ entre 1 et 2δ d'astigmatisme, et $1/2C$ à partir de 2δ .

Estimation de l'acuité visuelle brute pour un œil astigmaté

Acuité de l'œil sphérique équivalent (prise en compte de la défocalisation moyenne)	$AV \approx \frac{1}{4 \times Br_{(cmd)}}$
Acuité au palier (prise en compte de l'astigmatisme)	Voir tableau expérimental
Acuité de l'œil astigmaté	Confrontation de l'acuité de l'œil sphérique équivalent et de l'acuité au palier

Grossissement et effet grossissant d'un verre minceEstimation du grossissement

Le grossissement pour un objet rapproché est peu différent du grossissement pour un objet VL.

Pour un objet VL on peut retenir :

- ✓ $G_L = 1 + LH \times \mathcal{R}$ (si D_L exact est porté)
- ✓ $G_L \approx 1 + LH \times D_L$ (l'écart entre \mathcal{R} et D_L devient sensible pour des amétropies importantes)

Estimation de l'effet grossissant (= écart relatif œil compensé/œil nu)

- ✓ $E\% = LH_{(cm)} \times \mathcal{R} \approx LH_{(cm)} \times D_L$

Estimation de la modification d'acuité en fonction du système compensateur porté

Le rapport des acuités visuelles lunettes/lentilles est égal au rapport des G_L lunettes/lentilles. De ce fait, par exemple :

- ✓ L'écart entre l'acuité en lunettes et l'acuité en lentilles peut être estimée à 1.5 % par dioptrie de compensation, si $LH = 15$ mm et $SH = 0$ mm.
- ✓ L'écart entre l'acuité en lunettes et l'acuité en lentilles peut être estimée à 1.3 % par dioptrie de compensation, si $LH = 15$ mm et $SH = 2$ mm.

AstigmatismesEstimation de l'astigmatisme du dioptré antérieur cornéen

- Valeur estimée pour l'indice réel de la cornée : 0.60δ pour 10/100 mm
- Valeur donnée par les kératomètres : 0.50δ pour 10/100 mm, (si indice d'étalonnage 1.336 ou 1.337)

Valeurs sous estimées pour des rayons de courbure faibles.

Mesure au kératomètre de Javal

Un chevauchement de 1 marche correspond à un astigmatisme cornéen d'environ 1δ .

Remarque : un chevauchement complet de la mire verte sur la mire rouge correspond à 6 marches.

Astigmatismes physiologiques

- L'astigmatisme physiologique cornéen (ou externe) est direct de 0,5 à 0,75 δ .
- L'astigmatisme physiologique interne est inverse de 0,5 à 0,75 δ .
- L'astigmatisme physiologique total de l'œil est nul.

Ces valeurs sont normales pour des yeux jeunes (< 40 ans) puisque l'astigmatisme direct cornéen tend à diminuer avec l'âge, voire à s'inverser.

Astigmatisme et lentille de contact rigide

- ✓ La vergence du ménisque lacrymal peut être estimée à 0.50δ pour 10/100 mm de différence entre le rayon de la face interne de la lentille et le rayon cornéen.
- ✓ Une modification de 10/100 de mm du r_o d'une lentille rigide modifie la vergence du ménisque de larmes de $0,50 \delta$ et par conséquent la vergence de la lentille rigide doit être modifiée de $0,50 \delta$.
- ✓ Une LRPG sphérique, placée devant une cornée astigmatique, si elle ne fléchit pas sur l'œil, crée un ménisque de larmes dont le cylindre compense environ 90% de l'astigmatisme cornéen.

Déclinaison

- ✓ La déclinaison est toujours en direction de l'axe du cylindre négatif du verre porté.
- ✓ Estimation de l'effet de déclinaison :
 - $\Delta \approx 20' \times \text{cyl.} \Rightarrow$ abandonné
 - $\Delta \approx 7' \times \text{cyl.} \times \theta/10$ avec θ = angle entre le segment observé et le méridien principal le plus proche.

Détection au cadran de Parent

Une réponse négative au cadran de Parent, malgré un brouillage adapté, peut quand même laisser envisager la présence d'un astigmatisme mais de valeur trop faible pour être détecté à ce test.

3. Vision binoculaire

Accommodation d'un couple oculaire

- ✓ L'accommodation est consensuelle : les deux yeux mettent en jeu la même accommodation (sauf pathologie).
- ✓ L'œil qui impose son accommodation au couple oculaire est celui qui a la meilleure qualité de perception
- ✓ A qualité d'image égale, l'accommodation peut fluctuer autour de la valeur minimale (ou de la valeur moyenne).
- ✓ Lorsque la demande théorique d'accommodation entre l'œil droit et l'œil gauche d'un couple oculaire diffère d'une valeur supérieure à $0,5 \delta$, la vision binoculaire est susceptible d'être perturbée.
- ✓ Pour une différence supérieure ou égale à 1δ , on peut craindre une neutralisation, limitée dans la plupart des cas à la zone centrale.

Equilibre bioculaire

- ✓ Lors d'un équilibre bioculaire il est important de bien différencier la cible (*objet test sur lequel sera faite la comparaison*) du dissociateur (*dispositif réalisant les conditions de vision simultanée permettant la comparaison*).
- ✓ Les prismes verticaux utilisés pour la dissociation ne devraient pas être appelés prismes de Von Graefe, ce nom étant réservé à la dissociation par UN prisme (vertical ou horizontal) dans le cas de la recherche d'une hétérophorie.

Anisétropie

Estimation de la valeur de l'anisétropie

Anisétropie due à la différence de longueur des 2 yeux (anisétropie axile) : ρ_{axile}	1δ de différence entre les proximités rétinienne de l'OD et de l'OG => 1.7 % d'anisétropie
Anisétropie due à la différence des compensateurs des 2 yeux (anisétropie induite) : $\rho_{induite}$	Différence des effets grossissants des 2 verres portés
Anisétropie (finale, totale) : ρ_{totale}	Confrontation des anisétropies axile et induite.

Estimation applicable à toute forme d'anisométrie : axile, de vergence ou mixte.

Exemple :	
Anisométrie axile avec $\mathcal{R}_d = -4 \delta$ et $\mathcal{R}_g = -2 \delta$	
La différence proximités rétiniennes est égale à la différence des réfractions car aniso purement axile.	
anisétropie axile : ρ_{axile}	$(\mathcal{R}'_D - \mathcal{R}'_G) = 2 \delta \Rightarrow \rho_{axile} = 2 \times 1.7 = 3.4 \%$ en faveur de l'OD
anisétropie induite : $\rho_{induite}$	$(\mathcal{R}_D - \mathcal{R}_G) \times LH_{cm} = 2 \times 1.5 = 3\%$ en faveur de l'OG
ρ_{totale}	0.4 % en faveur de l'OD
Rq. : La différence des réfractions est peu différente de la différence des D_L (faibles amétropies).	
On pouvait aussi dans ce cas ($LH = 15 \text{ mm}$ et aniso purement axile) estimer directement 0.2% par dioptrie d'anisométrie (1.7% -1.5%).	

Remarque : en cas d'anisométrie mixte, il convient de calculer la différence des proximités rétiniennes qui n'est plus égale à la différence des réfractions.

Anisétropie et qualité de la vision binoculaire

- ✓ On admet généralement que :
 - jusqu'à 3% d'anisétropie objective, aucune anisétropie subjective ne se manifeste.
 - de 3 à 10 % d'anisétropie objective, l'anisétropie subjective peut perturber la vision binoculaire en gênant la fusion.

La probabilité et le niveau de la gêne doivent être modulés en tenant compte de la valeur de l'anisétropie.

- lorsque l'anisétropie objective dépasse 10 %, la fusion devient le plus souvent impossible donc la vision binoculaire aussi.
- ✓ L'analyse de la qualité de la vision binoculaire doit aussi prendre en compte l'ensemble des perturbations affectant la fusion, le cas échéant.

Rotations oculaires

- ✓ Dans le plan vertical, on admet que la fusion n'est pas compromise pour une différence de rotation entre les deux yeux inférieure à 1 à 2 Δ (soit environ 0,5 à 1°).
- ✓ Dans le plan horizontal, les effets prismatiques sont plutôt à confronter aux phories et aux réserves du sujet.

Convergence

- ✓ Pour un sujet parfaitement compensé, et en l'absence de prisme, la valeur de la convergence en angles métriques est peu différente de la valeur de l'accommodation : $Cam \approx Acc \delta$

Acuité stéréoscopique

- ✓ Un seuil stéréoscopique d'un sujet jeune supérieur à 60'' est considérée comme mauvais.
- ✓ La moyenne statistique de l'acuité stéréoscopique d'un sujet jeune en vision centrale est de $\varepsilon_s = 20'' \pm 10''$

Phories dissociées

- ✓ Les normes ont été établies avec la méthode de Von Graefe, le sujet portant la compensation la plus convergente (ou la moins divergente) lui donnant une acuité de 10/10 binoculaire.
 - Dans le plan vertical et quelle que soit la distance : orthophorie
 - Dans le plan horizontal
 - en vision de loin entre orthophorie et 1 Δ d'exophorie ;
 - en vision de près (40 cm) entre 4 et 6 Δ d'exophorie ;
 - jeu phorique entre la VL et la VP : prise d'exophorie de 4 à 6 Δ.

L'analyse du jeu phorique doit pouvoir être traduite selon le sens de la variation (prise ou diminution d'une exo, prise ou diminution d'une éso, ...). Il est d'usage de parler de jeu phorique « inversé ou inverse » quand l'exophorie diminue ou l'ésophorie augmente entre la VL et la VP ; le terme de jeu phorique « direct » peut être admis dans le cas contraire.

- ✓ Lors du test du masquage ou du démasquage, lorsque le praticien n'observe pas de mouvement oculaire, la conclusion est :
 - au moment du masquage : pas de tropie ou si elle existe, elle est inférieure ou égale à 3 Δ.
 - au moment du démasquage : pas d'hétérophorie ou si elle existe, elle est inférieure ou égale à 3 Δ.
- ✓ La qualité du recouvrement au démasquage donne une indication sur la capacité du couple oculaire à compenser son hétérophorie.

Punctum Proximum de Convergence (chez sujet non presbyte)

Bris \leq 8 cm du canthus externe (ou 5 cm de la racine du nez)

Recouvrement à au plus 6 cm du bris (correspondant à une valeur inférieure au double du bris pour PPC normal)

Amplitudes relatives d'accommodation notions désormais non exigibles en BTS

à 40 cm : ARN = (+2,00 $\delta \pm 0,25$) ARP = (-2,50 $\delta \pm 0,50$)

autres valeurs pouvant être utilisées (coordination licence CQP) :

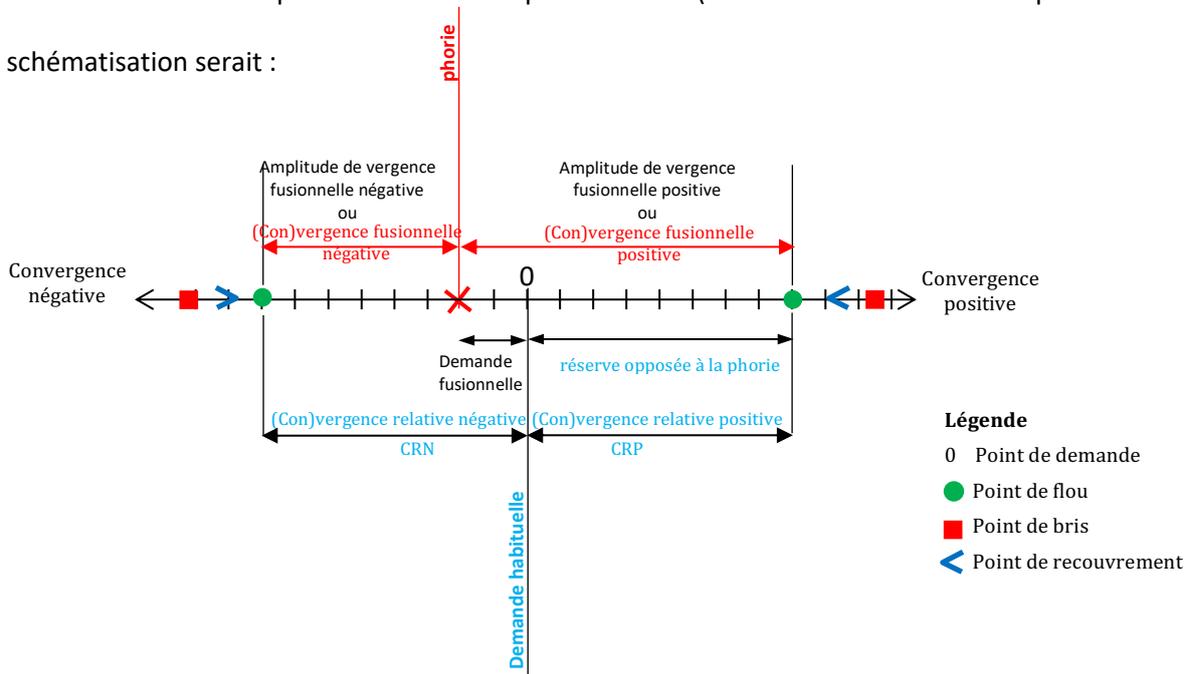
ARN : + 1.75 / + 2.00 ARP : - 2.25 / - 2.50

Convergences relatives et fusionnelles

Il semble qu’une ambiguïté existe concernant les vergences fusionnelles ; elles pourraient correspondre à la représentation proposée ci-dessous (cf Goss 1986 et Allary 2003) :

- l’origine serait prise au niveau de la phorie (et non de la demande)
- les limites seraient prises au niveau des points de flou (ou des bris en l’absence de points de flou)

donc la schématisation serait :



De ce fait, il a été convenu en commission qu’en BTS les terminologies de vergences relatives et fusionnelles ne seront pas exigées même s’il reste important de savoir exposer l’analyse du fonctionnement. Restent exigibles :

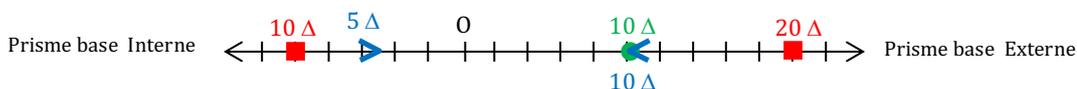
- ✓ Les définitions des points de flou, bris et recouvrement
- ✓ Leurs notations conventionnelles (O, □, < ou ◁) et les représentations schématiques sur une droite VL ou une droite VP (pas de construction complète d’un diagramme)
- ✓ Une analyse du fonctionnement du couple oculaire, dissocié ou non, avec ou sans prismes.
- ✓ Un raisonnement en fonction des critères de Sheard et de Percival.

Les terminologies de vergences relatives peuvent toujours être employées dans l’exposé d’un candidat, à condition d’être en accord avec la définition ci-dessus (conforme aux versions antérieures).

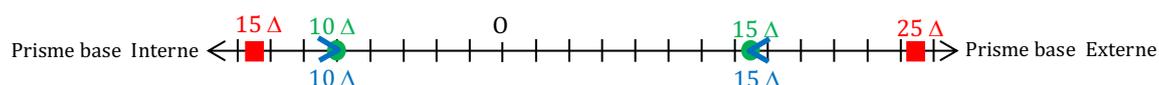
La terminologie de vergence fusionnelle peut être utilisée à condition d’être clairement définie par le candidat.

Valeurs statistiques moyennes

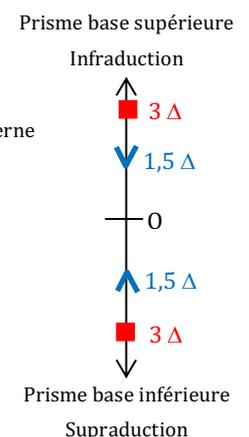
En vision éloignée



En vision rapprochée (40 cm)



Dans le plan vertical



4. Contactologie

Toricité cornéenne

- ✓ Une toricité cornéenne de 10/100 de mm induit une estimation de 0,6 δ d'astigmatisme cornéen.

Lentille de larmes

- ✓ Une différence de 10/100 de mm entre le rayon de courbure de la face arrière de la lentille rigide et le rayon de courbure de la face avant de la cornée produit un ménisque de larmes de vergence estimée à 0,5 δ .
- ✓ Une LRPG sphérique, placée devant une cornée astigmatique, si elle ne fléchit pas sur l'œil, crée un ménisque de larmes dont le cylindre compense environ 90% de l'astigmatisme cornéen.
- ✓ Une modification de 10/100 de mm du r_o d'une lentille rigide modifie la vergence du ménisque de larmes de 0,50 δ et par conséquent la vergence de la lentille rigide doit être modifiée de 0,50 δ .

Transmissibilité des lentilles

- ✓ Concernant le port journalier, la transmissibilité minimale d'une lentille permettant de prévenir l'hypoxie cornéenne (se fondant sur le taux d'acidose stromale) doit être de $35 \cdot 10^{-9}$ unité Fatt (critère de Harvitt-Bonanno publié en 1999).
- ✓ Concernant le port prolongé (nocturne), la transmissibilité minimale d'une lentille doit être égale, selon la même référence, à $125 \cdot 10^{-9}$ unité Fatt.

Tests lacrymaux

- ✓ La norme d'un Break Up Time est d'être compris entre 10 et 20 secondes.
- ✓ Un Break Up Time (BUT) ou un « non invasive break up time » (KNIBUT) inférieur à 10 secondes constitue une contre-indication au port de LSH (hors certaines LSSiHy).
- ✓ La norme de hauteur d'une rivière lacrymale est d'être comprise entre 0,2 et 0,4 mm. Une hauteur inférieure à 0,2 mm est problématique pour une adaptation en lentilles de contact. Une hauteur supérieure à 0,4 mm pourrait être le signe d'une sécrétion réflexe, ou sinon, faire craindre une mauvaise qualité des larmes.
- ✓ Au test de Schirmer, on peut conclure à une sécheresse lacrymale si la zone humidifiée est inférieure à 5 mm en 5 mn ; mais on ne peut conclure à l'absence de sécheresse lacrymale pour une valeur supérieure à 5 mm (sécrétion réflexe).

Adaptation des lentilles

- ✓ Le temps de déchirement du film lacrymal pré-lentille doit être $>$ à 5s pour que l'adaptation soit considérée comme correcte.
- ✓ Choix de la face postérieure d'une lentille rigide :
 - Une toricité cornéenne inférieure à 40/ 100 mm implique une face interne sphérique.
 - Une toricité cornéenne supérieure ou égale à 40 / 100 mm implique une face interne torique.
 - En pratique, on peut essayer une lentille sphérique entre 30 et 50/100 mm de toricité cornéenne.
- ✓ Si la rotation d'une lentille LSH torique excède 20° alors il est nécessaire de changer de moyen de stabilisation.

Commande des lentilles

- ✓ La formule de commande d'une lentille de contact doit être exprimée en cylindre négatif contrairement à celle des verres optiques qui se fait en cylindre positif.

Les présidentes de la commission : Nathalie Noullet,
 Claire Reymond-Balanche,
 Martine Zanetti-Bernot.