

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

Université Claude Bernard



Lyon 1

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA READAPTATION

Directeur Docteur Xavier PERROT

INTERET DE LA MESURE DE L'ACCOMMODATION ET DE SON INFLUENCE SUR
L'EQUILIBRE OCULOMOTEUR CHEZ UN JEUNE ADULTE EN PRATIQUE ORTHOPTIQUE

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPTISTE

par

MILLET BRONNERT Marion

Professeur Ph. DENIS
Responsable de l'Enseignement

Autorisation de reproduction
A LYON, le 28/06/2012

Mme C. CHAMBARD
Directrice des Etudes



Président
Pr Frédéric FLEURY

Vice-président CEVU
M. CHEVALIER Philippe

Vice-président CA
M. REVEL Didier

Vice-président CS
M. VALLEE Fabrice

Secrétaire Général
M. HELLEU Alain

Secteur Santé

U.F.R. de Médecine Lyon Est
Directeur
Pr. ETIENNE Jérôme

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Pr. BOURGEOIS Denis

U.F.R de Médecine Lyon-Sud
Charles Mérieux
Directrice
Pr BURILLON Carole

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directrice
Pr VINCIGUERRA Christine

Département de Formation et
Centre de Recherche en Biologie
Humaine
Directeur
Pr SCHOTT Anne-Marie

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Dr Xavier PERROT

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (CEM)
Pr ETIENNE Jérôme

Secteur Sciences et Technologies

U.F.R. Des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (S.T.A.P.S.)

Directeur

M. VANPOULLE Yannick

Institut des Sciences Financières et d'Assurance (I.S.F.A.)

Directeur

M. LEBOISNE Nicolas

Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education

Directeur

M. MOUGNIOTTE Alain

UFR de Sciences et Technologies

Directeur

M. DE MARCHI Fabien

POLYTECH LYON

Directeur

Pr PERRIN Emmanuel

IUT LYON 1

Directeur

M. VITON Christophe

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique de Lyon (ESCPE)

Directeur

M. PIGNAULT Gérard

Observatoire astronomique de Lyon

Directeur

Mme DANIEL Isabelle

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Monsieur le Professeur DENIS et Madame CHAMBARD, ainsi que l'ensemble des médecins et orthoptistes des Hospices Civils de Lyon pour l'enseignement qu'ils m'ont apporté durant cette scolarité.

Je remercie Madame Pascale BOUFFARD, mon maître de mémoire, pour les conseils et l'aide précieuse qu'elle m'a apportés tout au long de la conception de mon mémoire.

Je remercie également Madame Nathalie MARTEL et Céline VIGNARD, orthoptistes, pour leur accueil dans leur cabinet libéral et leur confiance qu'elles m'ont accordé durant ce stage.

Enfin je remercie ma famille, mes proches et surtout mon mari pour leur soutien durant cette période étudiante.

INTRODUCTION

La mesure de l'accommodation est très rarement testée lors d'un bilan orthoptique chez un jeune adulte dans le cadre d'un exercice libéral.

Pourtant un dysfonctionnement de l'accommodation ne pourrait-il pas entraîner des signes fonctionnels importants chez cette population et par incidence un déséquilibre oculomoteur ?

Dans ce mémoire, je me suis intéressée à l'influence de l'accommodation sur la variation phorique en vision de près.

J'ai modulée l'accommodation pour une convergence donnée à l'aide de verres sphériques de +1,00D / +2,00D / +2,50D / -1,00D et -2,00D additionnés à la correction optimale.

Cette étude tente d'émettre l'hypothèse d'une modification possible de l'équilibre hétérophorique par une altération de l'accommodation.

Si mon étude contribuait à établir un lien entre ces perturbations de l'accommodation et la répercussion sur l'état binoculaire, il serait donc opportun de connaître l'état accommodatif de chaque patient lors du bilan orthoptique initial.

Dans cette perspective, je vais présenter les différents tests pouvant être utilisés dans un cabinet libéral pour diagnostiquer un éventuel trouble accommodatif. J'établirai ensuite une classification de ces troubles accommodatifs, une classification des plaintes généralement associées et enfin la prise en charge à adopter.

SOMMAIRE

1. PHYSIOLOGIE DE L'ACCOMMODATION

A. ACCOMMODATION ET ANATOMIE

1. Le cristallin
2. La zonule
3. Le muscle ciliaire
4. Théories de l'accommodation
5. Dynamique de l'accommodation
6. Innervation de l'accommodation

B. ACCOMMODATION ET OPTIQUE

1. Calcul de l'accommodation
2. Parcours d'accommodation
3. Réponse accommodative

2. TESTING DE L'ACCOMMODATION CHEZ UN NON PRESBYTE

A. ACCOMMODATION ET REFRACTION

1. Réfraction subjective de loin
 - a- Réfraction subjective monoculaire
 - b- Equilibre bi-oculaire
 - c- Vérification binoculaire

2. Mesure de l'amplitude d'accommodation

- a- Méthode du PPA
- b- Méthode de Sheard
- c- Comparaison des valeurs monoculaires entre elles
- d- Comparaison des valeurs monoculaires et binoculaire
- e- Le proximètre

3. Mesure des accommodations relatives : ARN et ARP

- a- Procédure
- b- Normes
- c- Résultats anormaux

4. La flexibilité accommodative

- a- Le rock accommodatif
- b- Les fixations sautées VL-VP

5. Choix de l'addition du non presbyte

- a- En fonction des plaintes
- b- En fonction des amplitudes accommodatives
- c- En fonction des ARN/ARP
- d- En fonction du gradient
- e- Essai de l'addition
- f- Les nouveaux verres ophtalmiques EYEZEN d'ESSILOR pour la vie connectée

B. ACCOMMODATION ET OCULOMOTRICITE

1. Accommodation et vergences

- a- La convergence tonique
- b- La convergence accommodative
- c- La convergence proximale
- d- La vergence fusionnelle

2. La liaison accommodation / convergence

- a- Le calcul du rapport AC/A
- b- Le gradient

3. CLASSIFICATION DES TROUBLES ACCOMMODATIFS

1. L'insuffisance accommodative
2. La fatigue accommodative
3. La paralysie accommodative
4. L'excès accommodatif
5. Les spasmes accommodatifs
6. L'ésophorie d'excès de convergence
7. L'ésophorie d'insuffisance de divergence
8. L'exophorie d'excès de divergence
9. L'exophorie d'insuffisance de convergence

4. ETUDE CLINIQUE

1. Introduction
2. Matériel et méthodes
 - a- Sujets concernés
 - b- Taille de l'échantillon
 - c- Déroulement de l'étude
 - d- Type d'étude
3. Résultats
 - a- Variation phorique
 - b- Esophories / Exophories
 - c- Comparaison Phorie VL / Phorie VP avec +2,50D
 - d- Mesure du PPA
4. Discussion
5. Conclusion

LISTE DES FIGURES

<u>Figure 1 :</u> Anatomie du cristallin	p.11
<u>Figure 2 :</u> Illustration des contraintes zonulaires appliquées au cristallin	p.12
<u>Figure 3 :</u> Mécanisme de l'accommodation	p.13
<u>Figure 4 :</u> Dynamique de l'accommodation	p.15
<u>Figure 5 :</u> Innervation de l'accommodation	p.16
<u>Figure 6 :</u> Formule mathématique de l'accommodation	p.18
<u>Figure 7 :</u> Amplitude de l'accommodation en fonction de l'âge	p.19
<u>Figure 8 :</u> Parcours d'accommodation selon les amétropies	p.20
<u>Figure 9 :</u> Réponse accommodative en fonction de la distance	p.21
<u>Figure 10 :</u> Variation phorique du sujet 1	p.61
<u>Figure 11 :</u> Variation phorique du sujet 2	p.62
<u>Figure 12 :</u> Variation phorique du sujet 3	p.62
<u>Figure 13 :</u> Variation phorique moyenne des 45 sujets	p.63
<u>Figure 14 :</u> Comparatif valeur phorique VP vs avec +1,00	p.64
<u>Figure 15 :</u> Comparatif Phorie VL vs Phorie VP avec +2,50D	p.65

LISTE DES ABREVIATIONS

VL : Vision de loin
VP : Vision de près
D : Dioptrie
AV : Acuité visuelle
PPA : Punctum Proximum d'Accommodation
ARN : Accommodation relative négative
ARP : Accommodation relative positive
Amax : Amplitude maximum
OD : Œil droit
OG : Œil gauche
ODG : Œil droit Et gauche
Cpm : Cycles par minute

1. PHYSIOLOGIE DE L'ACCOMMODATION

A- ACCOMMODATION ET ANATOMIE :

1. Le cristallin :

Le cristallin a la forme d'une lentille biconvexe, il est ni innervé, ni vascularisé. Sa structure est strictement épithéliale.

Normalement transparent, il est situé entre l'iris et le corps vitré et est suspendu au corps ciliaire par la zonule de Zinn. Les fibres zonulaires sont insérées sur l'équateur du cristallin et transmettent les forces de tension au muscle ciliaire.

Le diamètre vertical est de l'ordre de 9 à 10 mm ; le diamètre antéro-postérieur de 4 mm. Ses rayons de courbure, antérieur et postérieur, sont respectivement de 10 mm et 6 mm et varient jusqu'à 6 mm et 5,5 mm lorsque l'accommodation est maximale.

Son indice de réfraction est de 1,420.

Son pouvoir réfringent est de 20D mais varie en fonction :

- des rayons de courbure antérieur et postérieur
- de l'indice de réfraction
- des variations d'indice entre le cristallin et les milieux environnants

Le cristallin est constitué d'un noyau central conservé de la vie fœtale. Au fur et à mesure du développement, différentes couches cristalliniennes se structurent autour de ce noyau central, lui conférant un aspect d'oignon. La croissance du cristallin dure toute la vie mais ralentit avec l'âge.

Il est entouré d'une capsule élastique qui le comprime et empêche la disparition des fibres cristalliniennes nouvellement apparues.

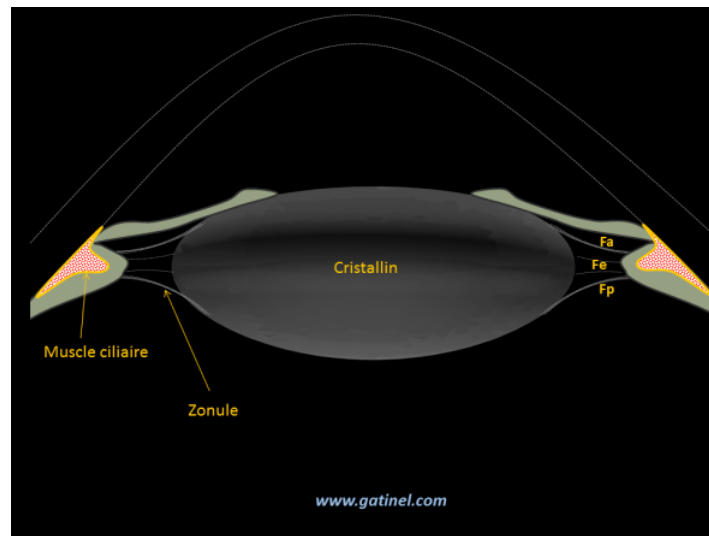


Figure 1 : « Muscle ciliaire au repos. Fa : fibres antérieures, Fe : fibres équatoriales, Fp: fibres postérieures. »

<http://www.gatinel.com/recherche-formation/le-cristallin/accommodation/> [13]

2. La zonule :

La zonule est constituée de microfibrilles qui s'insèrent d'un côté sur le cristallin (autour de sa région équatoriale) ; et de l'autre sur le corps ciliaire ; et ce sur 360°.

La zonule est dotée de propriétés élastiques ; et ses fibres sont en tension à l'état de repos (absence de contraction du muscle ciliaire).

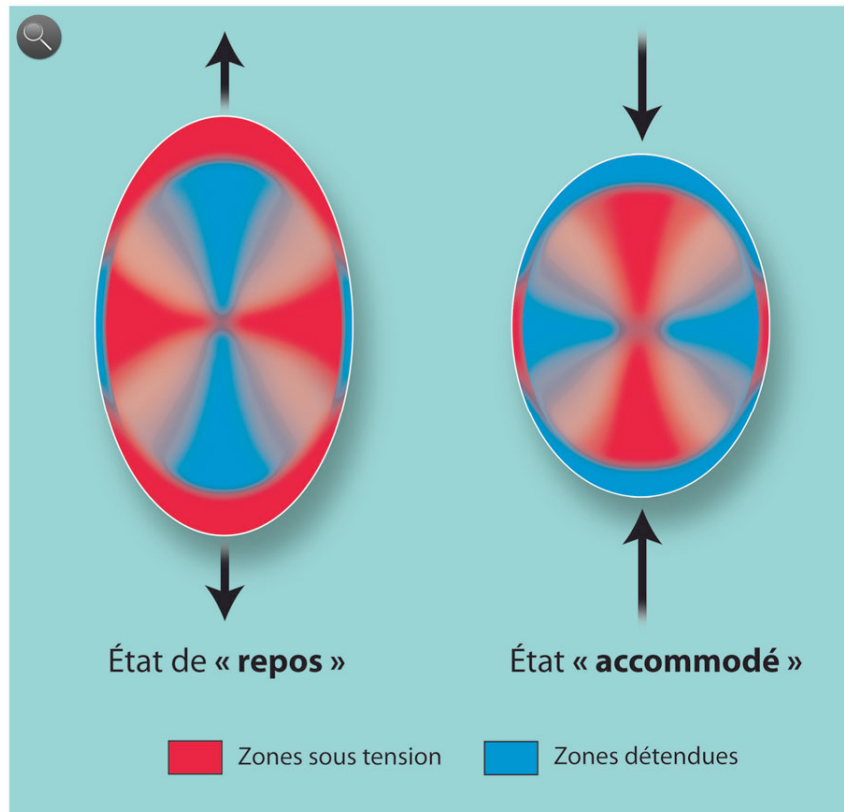


Figure 2: « Illustration des contraintes zonulaires appliquées au cristallin. »

http://www.em-consulte.com/em/SFO/rapport/file_100010.html [14]

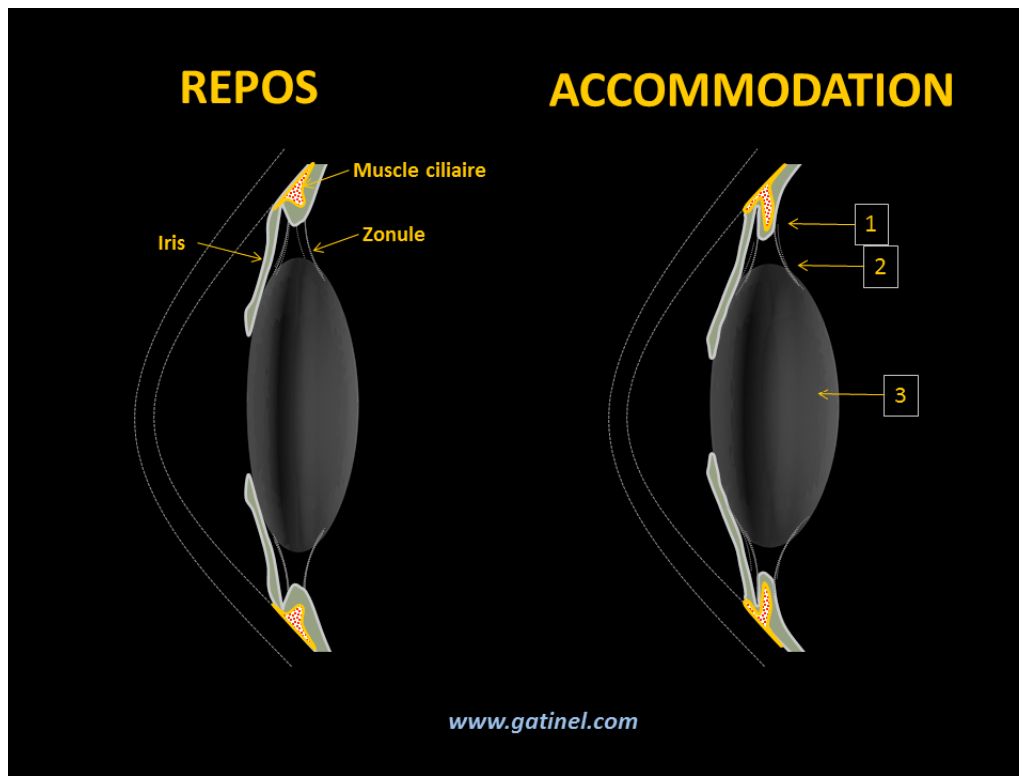
3. Le muscle ciliaire :

Le muscle ciliaire est un muscle annulaire qui est doté de propriétés contractiles. Les fibres parasympathiques qui innervent le muscle ciliaire permettent sa contraction, ce qui le projette en avant.

La réduction du diamètre de l'anneau formé par le muscle et les procès ciliaires provoque le relâchement de la zonule.

Cette détente des fibres zonulaires se transmet à la capsule antérieure, qui reprend une forme plus circulaire et provoque alors le bombement du cristallin.

Sa face antérieure se déplace légèrement vers l'avant.



Mécanisme de l'accommodation

Figure 3 : « L'accommodation est effectuée grâce à une contraction du muscle ciliaire (1). La réduction de son diamètre provoque un relâchement de la zonule. Le cristallin adopte alors sa forme naturelle, qui est plus bombée. Sa face antérieure se déplace légèrement vers l'avant, la pupille se contracte (myosis). Le bombement du cristallin et la réduction du diamètre de la pupille permettent de mettre au point des objets rapprochés sur la rétine ».

<http://www.gatinel.com/recherche-formation/le-cristallin/accommodation/> [13]

4- Théories de l'accommodation :

Kepler est le premier en 1604 à mentionner le terme d'accommodation et affirmer le rôle du cristallin.

Descartes évoquera en 1637 la modification de la forme du cristallin dans le phénomène de l'accommodation.

Plusieurs théories se sont suivies, mais les travaux d'Helmholtz en 1909 sont les plus connus.

Sa théorie propose que l'accommodation soit directement liée à la contraction du muscle ciliaire et au relâchement des zonules de Zinn. Le cristallin augmente alors sa convexité, particulièrement sa face avant.

La dernière théorie de l'accommodation a été établie par Schachar en 1975.

Cette théorie attribue aux fibres équatoriales du cristallin un rôle différent. Selon Schachar, et contrairement à la théorie d'Helmholtz, en l'absence d'accommodation, les fibres zonulaires antérieures et postérieures seraient relâchées, alors que les fibres zonulaires équatoriales seraient sous tension. La contraction du muscle ciliaire provoquerait une mise en tension zonulaire antérieure et postérieure.

Pendant la contraction ciliaire, seules les fibres zonulaires équatoriales se relâcheraient véritablement. Cette théorie implique que le mécanisme de la presbytie soit lié à l'augmentation du volume du cristallin, qui survient de manière inéluctable par addition de fibres corticales.

Les résultats des études expérimentales et cliniques valident aujourd'hui la théorie de Helmholtz : l'accommodation est liée à un relâchement de la zonule du cristallin, et la persistance d'une élasticité suffisante de la capsule du cristallin. Avec l'âge, la perte de l'élasticité de la capsule diminue et réduit l'importance de l'accommodation. La presbytie se manifeste quand le pouvoir d'accommodation de l'oeil ne permet plus de voir de près de manière convenable, sans aide optique (lunettes, lentilles, loupes). [13] [14]

5. Dynamique de l'accommodation :

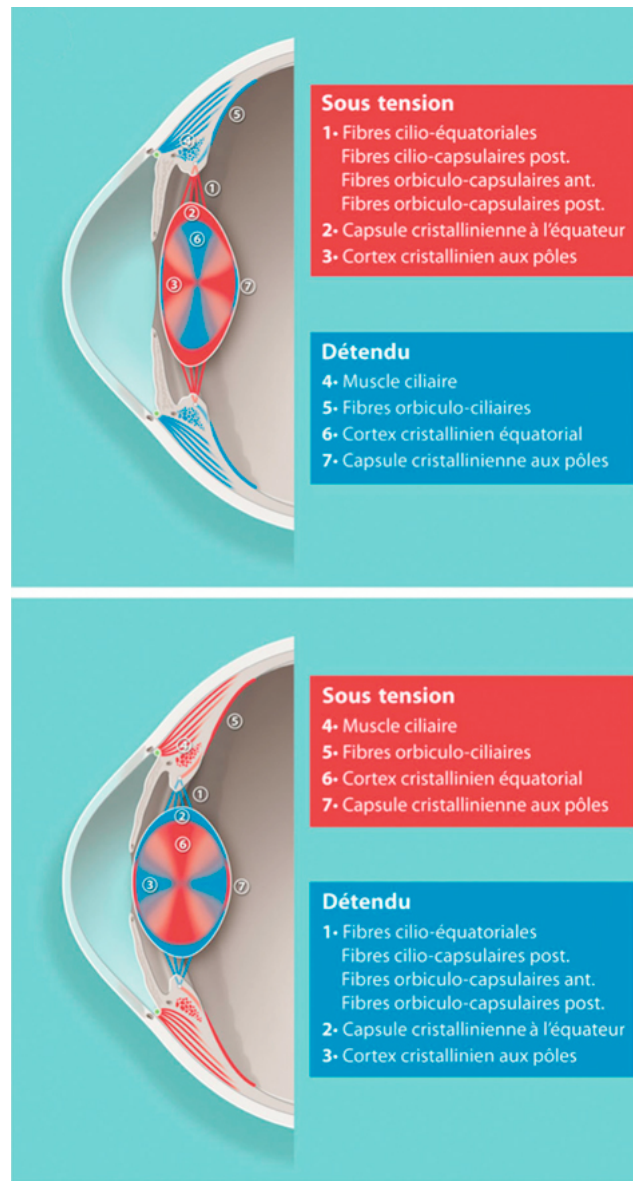


Figure 4 : Dynamique de l'accommodation

http://www.em-consulte.com/em/SFO/rapport/file_100010.html [14]

A l'état non accommodé, le muscle ciliaire n'est pas contracté ; il tend la zonule qui déforme le cristallin en étirant sa face antérieure. La puissance optique du cristallin sera donc réduite. A l'intérieur du cristallin, les fibres cristalliniennes sont comprimées et constitue une « réserve d'énergie » pour faciliter le retour à une forme sphérique.

L'état de repos du muscle ciliaire n'est donc pas un état d'équilibre pour le cristallin.

Sous l'effet de la commande parasympathique le muscle ciliaire se contracte. Les fibres longitudinales attirent le cristallin vers l'avant. Les fibres circulaires, en réduisant le diamètre du sphincter l'attirent en dedans. Parallèlement les fibres longitudinales postérieures sont mises sous tension constituant une « réserve d'énergie » pour la désaccommodation. [14]

6. Innervation de l'accommodation :

L'accommodatif est garanti par le système orthosympathique.

Le centre nerveux de l'accommodation se nomme le noyau d'Edinger-Whestphal, situé dans le noyau du Nerf III.

Lorsque l'image rétinienne est floue, l'information passe par le cortex visuel jusqu'au noyau d'Edinger-Whestphal. Celui-ci commande la contraction du muscle sphincter par le ganglion ciliaire.

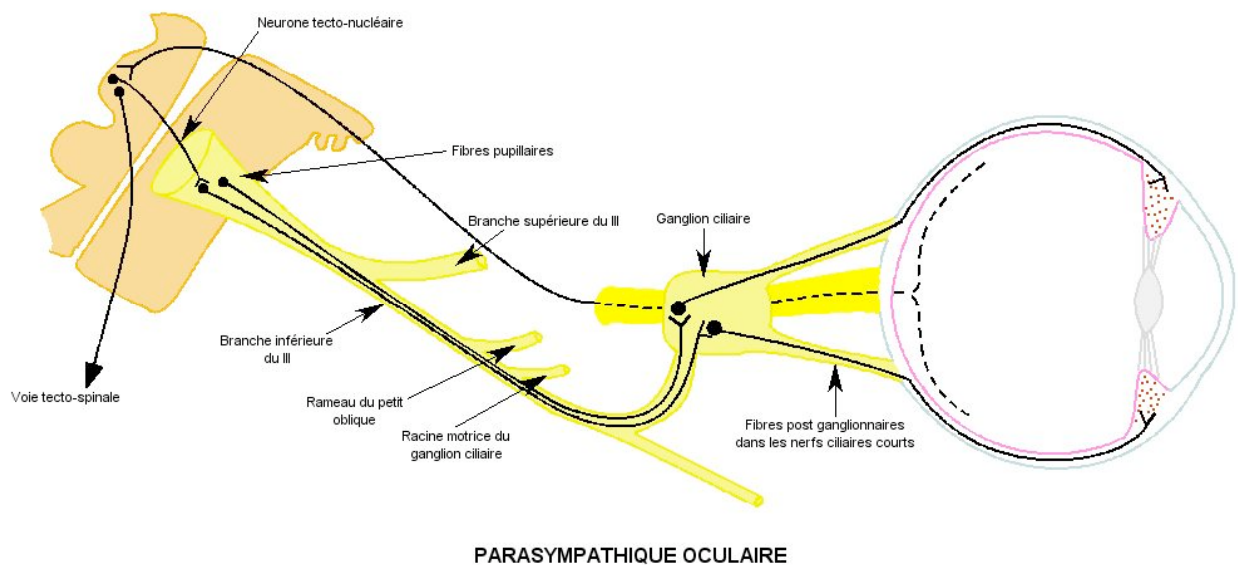


Figure 5 : Innervation de l'accommodation

<http://laurent.bel.free.fr/Neuroanatomie/Oculo/oc4.JPG>

Les liaisons nerveuses de l'accommodation et de la convergence s'effectuent dans le noyau du IIIème nerf crânien ; ainsi que l'ouverture pupillaire.

Ainsi on appelle ce phénomène la triade « accommodation-convergence-myosis ». Quand on fixe un objet proche, l'accommodation et la convergence sont enclenchées, et le diamètre pupillaire diminue.

B- ACCOMMODATION ET OPTIQUE :

L'accommodation est un réflexe permettant la mise au point des objets rapprochés, et situés à des distances variables.

1. Calcul de l'accommodation :

Lorsqu'un objet est placé à distance finie, dans un plan objet qui n'est pas conjugué du plan de la rétine, l'image devient floue ... sauf si l'œil a accommodé.

La proximité T du point objet est définie par $T = 1/HT$.

L'amplitude d'accommodation mise en jeu dépend directement de la valeur de l'amétropie et de la proximité de l'objet fixé.

On montre que :

$$\text{Acc} = 1/HR - 1/HT$$

R est le Rémotum du sujet.

T est la position du test par rapport à l'œil.

La valeur d'accommodation est exprimée en dioptrie.

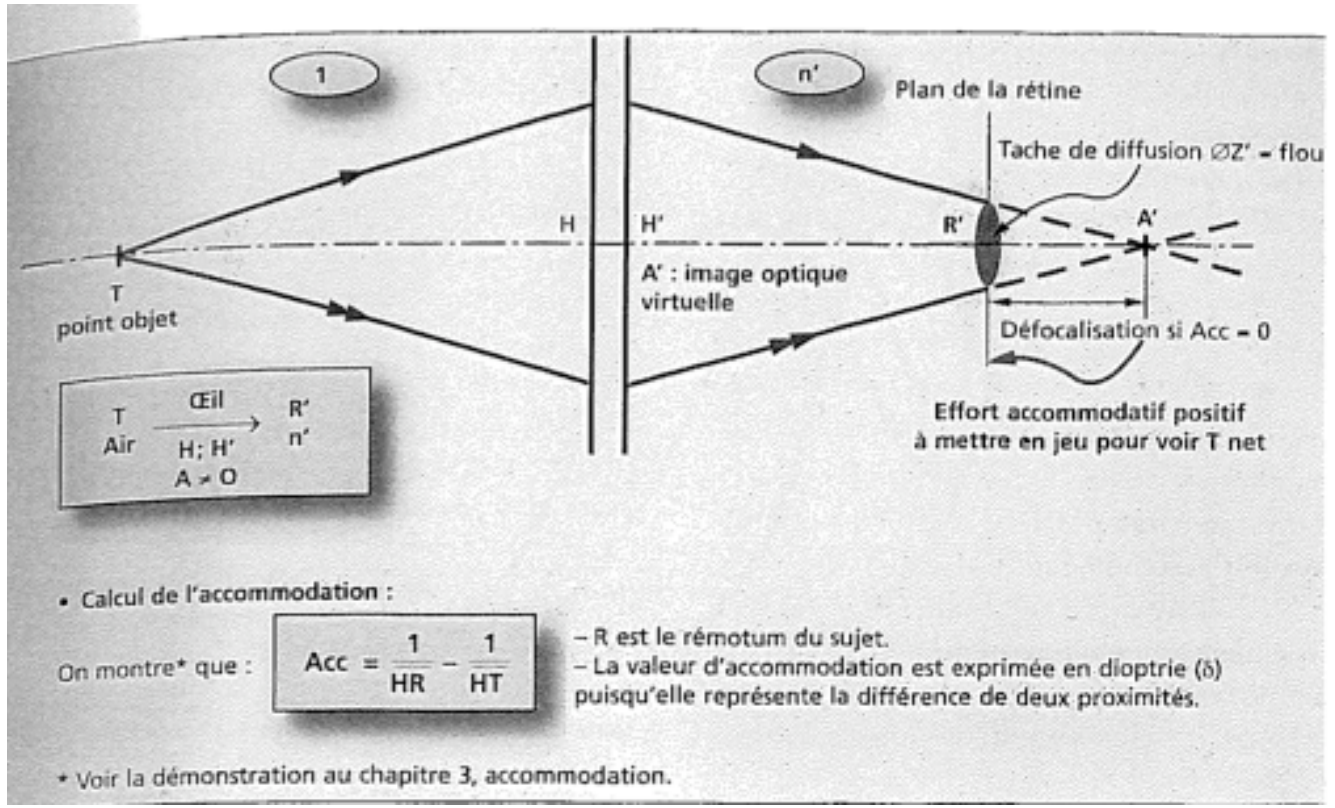


Figure 6 : Formule de l'accommodation

Manuel de l'opticien ; Anatomie-Physiologie-Pathologie-Réfraction

E.Beauber, F.Pariguet, S.Taboulot [1]

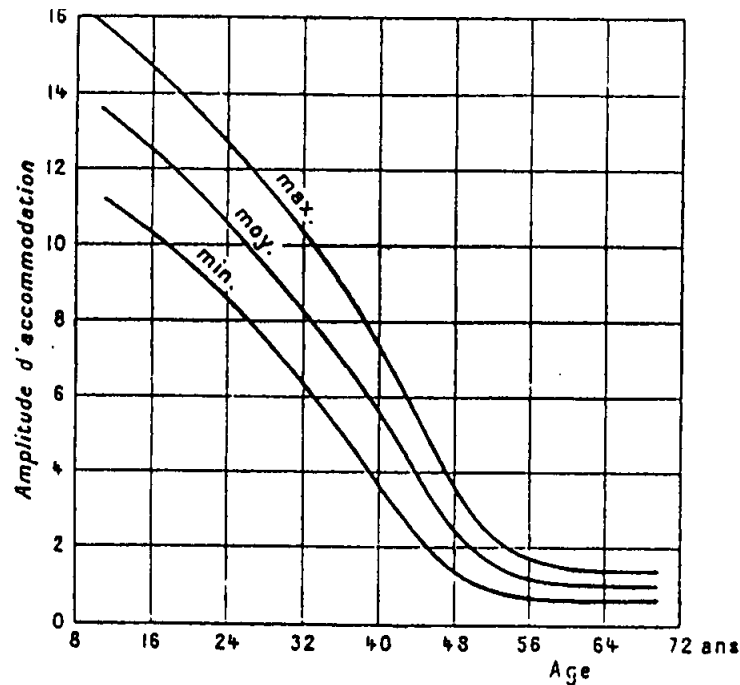
Cette expression montre que :

- L'œil emmétrope n'accommode pas en vision de loin, car $1/HR = 1/HT = 0$
- L'œil emmétrope accommode de la valeur absolue de la proximité de l'objet, car $Acc = - 1/HT$ et que l'accommodation est toujours positive
- L'œil hypermétrope accommode en vision de loin de la valeur de sa réfraction, car $Acc = 1/HR$ puisque $1/HT = 0$
- L'œil myope n'accommode pas si l'objet se trouve sur son rémotum, car $1/HR = 1/HT$
- Pour un même objet $Acc \text{ Myope} < Acc \text{ Emmétrope} < Acc \text{ Hypermétrope}$

2. Parcours d'accommodation :

La déformation du cristallin possède une limite, qu'on appelle accommodation maximale ; Amax.

Cette capacité diminue avec l'âge.



— Amplitude d'accommodation (origine au foyer), selon Duane.

Figure 7 : Amplitude d'accommodation en fonction de l'âge

<http://p.jean2.pagesperso-orange.fr/Cours/Presbyt/image49.gif> [15]

L'amplitude d'accommodation Amax va restreindre la possibilité de voir des objets au-delà d'une limite, un point que l'on nomme Punctum Proximum, noté P.

$$A_{\max} = 1/HR - 1/HP$$

On peut alors déterminer les parcours d'accommodation pour chaque amétropie : cela correspondra à l'ensemble des points pouvant être vus nets par un œil, points situés entre R et P.

Les parcours d'accommodation de l'œil myope et de l'œil emmétrype sont entièrement réels. Par contre, celui de l'œil hypermétrope possède une partie réelle et l'autre virtuelle.

Le point C situé entre R et P est nommé le point de confort. C'est le point au-delà duquel si l'objet se rapproche, l'effort accommodatif peut devenir fatigant.

On le définit par deux calculs différents en fonction des besoins visuels :

Si les besoins visuels sont importants, on définit la formule suivante : $A_c = \frac{1}{2} A_{max}$

Si les besoins visuels sont moins importants, on définit la formule suivante : $A_c = \frac{2}{3} A_{max}$

Ce point est difficile à positionner en pratique

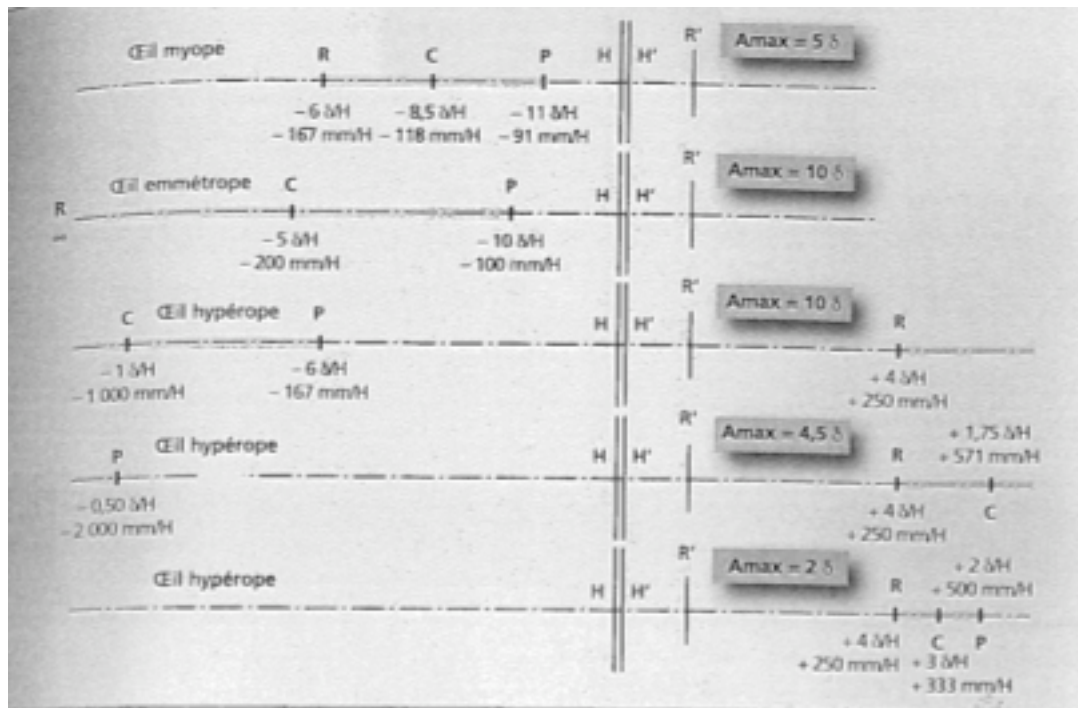


Figure 8 : Parcours d'accommodation selon les amétropies

Manuel de l'opticien ; Anatomie-Physiologie-Pathologie-Réfraction

E.Beauber, F.Pariguet, S.Taboulot [1]

3. Réponse accommodative :

L'accommodation est en théorie égale à la proximité de l'objet fixé pour que l'image rétinienne soit nette.

En pratique, plusieurs études ont montré que la réponse accommodative est un peu différente de la théorie.

En effet, en vision binoculaire, il existe une sur-accommodation en vision de loin et une sous-accommodation en vision de près. Par contre pour une distance de 1 à 2 mètres, la réponse est à peu près égale à la demande.

Cette réponse accommodative est influencée par le contraste. Plus le contraste est faible, plus l'accommodation est imprécise.

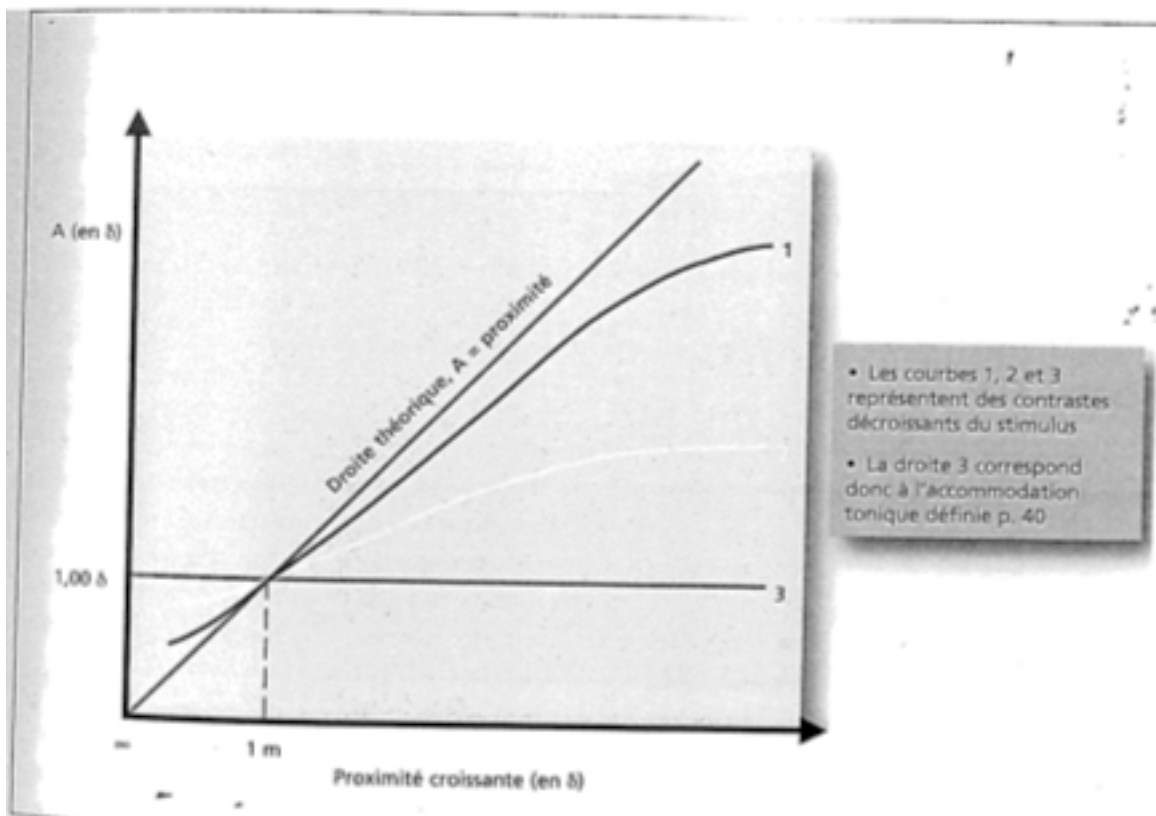


Figure 9 : Réponse accommodative en fonction de la distance

Manuel de l'opticien ; Anatomie-Physiologie-Pathologie-Réfraction

E.Beauber, F.Pariguet, S.Taboulot [1]

Une fois le sujet compensé, on peut estimer l'accommodation du sujet.

Exemple :

- Soit un œil parfaitement corrigé ; qui fixe un objet à 33cm de ses verres, l'accommodation sera de $1/0,33 = 3D$

- Si un sujet est sous corrigé de +1,00D. qu'il fixe un objet à 40cm de ses verres ; l'accommodation sera de $(1/0,40) + 1 = 3,50D$

2. TESTING DE L'ACCOMMODATION CHEZ UN NON PRESBYTE

A- ACCOMMODATION ET REFRACTION :

L'étude de l'accommodation est indissociable de l'étude de la réfraction.

Du fait de l'impact de l'accommodation sur les relations oculomotrices, l'étude de la réfraction et de l'état accommodatif doit être réalisée avant l'étude de l'oculomotricité et de l'équilibre binoculaire.

1- Réfraction subjective de loin :

Elle permet de déterminer le défaut de réfraction oculaire en se basant sur l'appréciation subjective du patient.

Le but est de déterminer la puissance de verres qui donnent une image rétinienne nette et donc la meilleure acuité visuelle (AV) possible au loin (5m) avec l'accommodation relâchée au maximum.

On cherche « le maximum convexe donnant la meilleure AV ».

Pour cela, on procède de la manière suivante :

- réfraction subjective monoculaire
- équilibre bi-oculaire
- vérification finale binoculaire

a- Réfraction subjective monoculaire :

La méthode du brouillard s'adresse principalement aux sujets pour lesquels la recherche de la réfraction semble compromise par un mauvais contrôle de l'accommodation (sujets jeunes).

Il faut d'abord brouiller l'œil en ajoutant un verre de +1,50D à +2,00D à la correction initiale (généralement prise au réfractomètre automatique) afin de faire chuter l'AV. Celle-ci doit chuter à environ 2/10 (ou 0,2 log A.M.R.)

Si l'acuité est supérieure à 2/10, la correction initiale était probablement insuffisamment convexe ; il faut alors brouiller de +0,50D supplémentaire ou plus jusqu'à obtenir l'acuité de 2/10.

Si l'acuité est inférieure à 2/10, la correction initiale était probablement insuffisamment concave ; il faudra commencer à débrouiller.

Le débrouillage consiste à diminuer la puissance des verres par pas de -0,25D en vérifiant que l'acuité progresse.

Le débrouillage continue jusqu'à ce que l'acuité visuelle atteigne son maximum et plafonne. La sphère la plus convexe donnant l'AV maximale sera conservée. On parle de « sphère au palier ».

La valeur de l'astigmatisme est déterminée par un double contrôle : vérification de la correction initiale et l'utilisation de la méthode des cylindres croisés pour en affiner l'axe et la puissance.

Enfin, une vérification monoculaire de la sphère à l'aide de verres sphériques de +0,25D et -0,25D est réalisée afin de confirmer que la sphère trouvée est bien le « maximum convexe offrant la meilleure acuité ».

Ainsi, avec +0,25D, l'AV doit légèrement baisser ; et avec -0,25D, l'AV doit rester identique (ou la vision être légèrement plus contrastée mais sans progression de la lecture des optotypes). [11]

b- Equilibre bi-oculaire :

Le but de l'examen de l'équilibre bi-oculaire est d'égaliser l'état accommodatif des deux yeux, ou de les rendre équivalents.

Le clinicien ne peut jamais être sûr du contrôle de l'accommodation pendant la réfraction monoculaire. En effet, un des éléments qui assure une accommodation identique aux deux yeux est la convergence. Or, pendant la réfraction monoculaire, elle n'est jamais présente.

Cette épreuve nécessite de placer le sujet en condition de vision bi-oculaire c'est-à-dire de proposer au couple oculaire la vision simultanée d'un test, chaque œil voyant séparément la même image. Il est ainsi possible de comparer la vision de l'œil droit et de l'œil gauche et de rechercher la meilleure correspondance des réfractions.

Deux méthodes peuvent être utilisées :

- Par prisme vertical : méthode qui consiste à introduire un prisme vertical de 3D Base Inférieure sur un œil et 3D Base Supérieure sur l'autre pour provoquer la vision de deux images : l'une vers le haut vue par un œil ; l'autre vers le bas vue par l'autre œil.
- Par filtres polarisés : méthode qui nécessite l'utilisation de tests d'AV polarisés associés aux filtres correspondants à polarisations croisées entre elles.

Dans ces deux cas, il faut brouiller les deux yeux de +0,50D et faire comparer le flou introduit sur l'OD et l'OG. L'AV chute alors de quelques dixièmes et les conditions de léger flou permettent au sujet une comparaison plus aisée.

L'égalisation de la vision de l'OD et l'OG dans le flou se fait en brouillant à nouveau la vision à l'aide de +0,25D l'œil voyant le moins flou, voire de +0,50D si nécessaire. On obtient alors soit l'équilibre entre l'OD et l'OG, soit une inversion de la préférence d'un œil par rapport à l'autre.

La connaissance de l'œil directeur est alors primordiale : elle permet de s'assurer, si l'équilibre parfait entre OD et OG ne peut être obtenu, que l'œil directeur reste favorisé et d'éviter ainsi que la correction ne vienne inverser la préférence naturelle d'un œil par rapport à l'autre.

La réalisation de l'équilibre bi-oculaire nécessite que le patient ait une vision simultanée stable et que l'utilisation d'un test d'acuité suppose que les acuités visuelles des deux yeux soient sensiblement identiques.

Enfin l'acuité binoculaire maximale sera obtenue par débrouillage binoculaire par paliers de - 0,25D. [3]

c- Vérification binoculaire :

Les réfractions de l'œil droit et de l'œil gauche ayant été déterminées puis équilibrées entre elles, il s'agit, en fin d'examen, de confirmer la valeur de la sphère à retenir en binoculaire. Il est primordial que, l'AV maximale du sujet en condition binoculaire étant trouvée, les valeurs réfractives soient soumises à l'appréciation du confort de vision par le patient.

Pour cela, on place la réfraction trouvée sur la lunette d'essai et on fait regarder le sujet à l'infini en lui demandant s'il « voit mieux, moins bien ou pareil ».

L'introduction de +0,25D devant les deux yeux doit entraîner l'apparition d'un flou.

S'il voit moins bien, la réfraction est juste (ou éventuellement trop convexe) : c'est la réponse recherchée.

S'il ne perçoit pas de changement, la réfraction est trop concave : ajouter +0,25D sur les deux yeux et recommencer.

S'il voit mieux, la réfraction est beaucoup trop concave : ajouter +0,25D ou plus et recommencer le test ou reprendre la réfraction.

De la même manière, si l'on introduit $-0,25D$ devant les deux yeux, le patient ne doit pas percevoir de différence.

S'il voit mieux, la réfraction est trop convexe, ajouter $-0,25D$ et recommencer le test.

S'il ne perçoit pas de changement, la réfraction est juste.

S'il voit moins bien, la réfraction est beaucoup trop concave : ajouter $+0,25D$ ou plus et recommencer le test, ou reprendre la réfraction.

La réponse recherchée lors de la vérification binoculaire est une baisse de netteté et de confort avec $+0,25D$ et une absence de réel changement observé avec $-0,25D$. C'est l'ajustement définitif de la valeur de la sphère. [3]

2- Mesure de l'amplitude d'accommodation :

L'amplitude d'accommodation est la valeur maximale que peut atteindre l'accommodation. Elle décroît progressivement d'environ $0,3D$ par an de 5 ans à 52 ans.

La mesure de l'amplitude d'accommodation permet de vérifier l'intégrité de l'accommodation du sujet. Une grande majorité de personnes auront des amplitudes d'accommodation dans les limites normales pour leur âge. Cependant un petit nombre de patients présenteront des amplitudes faibles, lié à la fatigue ou pathologique, entraînant une gêne fonctionnelle.

Une correspondance existe entre l'âge et l'amplitude d'accommodation :

Amplitude minimale = $15 - 0,25 * \text{âge}$

Amplitude moyenne = $18,5 - 0,3 * \text{âge}$

Amplitude maximale = $25 - 0,4 * \text{âge}$

Si un patient a une amplitude inférieure au minimum requis, il sera suspecté de déficience accommodative.

Deux méthodes subjectives permettent de mesurer l'amplitude d'accommodation :

- le Punctum Proximum d'Accommodation (PPA)
- la méthode de Sheard ou verres concaves

a- Méthode du PPA :

Cette méthode est facile, rapide et nécessite un matériel restreint :

- une cible qui donne un stimulus adéquat
- une règle millimétrée, sur laquelle peuvent être marquées les équivalences dioptriques des proximités et des amplitudes minimales en fonction de l'âge

Le PPA permet de faire les mesures monoculaires et binoculaires, et donne de précieuses informations sur le comportement binoculaire du sujet.

La procédure est la suivante :

1. Placer la correction optimale VL du patient sur la lunette d'essai
2. Ajuster la lunette d'essai avec l'écart VP du patient
3. Faire tenir au patient un test de Parinaud, placé à 40cm
4. Utiliser un éclairage homogène et directionnel sur le test
5. Occlure l'OG et commencer la mesure de l'OD
 - a- Rapprocher lentement et progressivement le test (environ 0,25 à 0,50D, soit 2 à 4 cm par seconde) afin d'induire un changement régulier dans la réponse accommodative. Plus le texte sera proche, plus on devra avancer lentement, afin de conserver une progression constante.
 - b- S'arrêter dès que le sujet perçoit un premier flou constant et noter la distance
 - c- La procédure devra être répétée plusieurs fois afin d'effectuer une moyenne (3 mesures)
6. Répéter l'étape 5 pour l'OG puis ODG

La valeur de l'amplitude d'accommodation se note en dioptries, équivalent à l'inverse de la distance exprimée en mètres.

Exemple : $40\text{cm} = 1/0,4 = 2,5\text{D}$

$20\text{cm} = 1/0,2 = 5\text{D}$

$10\text{cm} = 1/0,1 = 10\text{D}$

La phraséologie est la suivante « Fixez et maintenez la netteté sur ces lettres. Vous allez rapprocher lentement le test et arrêterez dès que vous commencerez à percevoir le tout premier flou constant, même si vous arrivez encore à les lire ». [2]

b- Méthode de Sheard :

La méthode de Sheard est une alternative à la méthode du PPA. Elle ne se fait qu'en monoculaire et elle requiert l'utilisation du réfracteur.

La procédure est la suivante :

1. Placer la correction optimale VL du patient dans le réfracteur
2. Placer à 40cm un test de Parinaud
3. Veiller à avoir un éclairage homogène et directionnel sur le test
4. Attirer l'attention sur la cible et lui demander de maintenir la netteté
5. Occlure l'OG et commencer la mesure sur l'OD
 - a- Augmenter progressivement les verres concaves par pas de 0,25D
 - b- S'arrêter dès que le sujet perçoit un premier flou constant et noter la valeur dans le réfracteur

Amplitude d'accommodation = 2,50 (proximité du test) + l add concave l (en valeur absolue)

6. Répéter l'étape 5 pour l'OG

Exemple : la vision est rendue floue avec une sphère de $-3,50D$

L'amplitude d'accommodation est de : $2,5 + 3,25 = 5,75D$; car la dernière sphère avec laquelle il voit net est $-3,25D$.

Cette méthode ne se fait qu'en monoculaire. En effet si l'on plaçait des verres concaves en binoculaire, la convergence étant fixe, on mesurerait la capacité du patient à augmenter son accommodation pour une distance donnée (l'accommodation relative positive). On mesurerait donc aussi la capacité du patient à dissocier son accommodation de sa convergence (donc ses réserves de divergence fusionnelles).

La phraséologie est la suivante « Fixez et maintenez la netteté sur ces lettres. Je vais faire défiler lentement des verres devant votre œil et vous me préviendrez dès que vous commencerez à percevoir le tout premier flou constant, même si vous arrivez encore à lire ». [2]

c- Comparaison des valeurs monoculaires entre elles :

Les amplitudes d'accommodation doivent être égales à $0,25D$. Si les valeurs sont différentes, il faudra d'abord vérifier la balance binoculaire en VL.

Une différence de plus de $0,50D$ doit évoquer une pathologie entraînant une insuffisance accommodative :

- amblyopie unilatérale ?
- traumatisme ?
- glaucome avec atrophie des corps ciliaires

Un patient qui a une amplitude d'accommodation inférieure au minimum requis pour l'âge sera suspecté d'avoir une déficience accommodative.

Il faudra toujours commencer par suspecter une amétropie convexe sous corrigée en VL (hypermétropie, myopie sur-corrigée ou pseudo-myopie).

De même, dans certaines conditions de fatigue accommodative, l'amplitude d'accommodation pourra être diminuée et améliorée avec un entraînement des facilités accommodatives.

d- Comparaison des valeurs monoculaires et binoculaires :

La valeur binoculaire doit être supérieure à la valeur monoculaire d'au minimum 0,50D, l'effet de la convergence en binoculaire étant très significative.

Si les mesures monoculaires et binoculaire sont identiques :

- possibilité de suppression d'un œil
- problème de vision binoculaire (insuffisance de convergence ou hétérophorie)
- incidence du réglage de l'écart des lunettes d'essai

Si la mesure binoculaire est inférieure à celles monoculaires :

- problème de vision binoculaire
- incidence du réglage de l'écart des lunettes d'essai

e- Le proximètre :

Pour mesurer l'amplitude d'accommodation, on peut utiliser l'outil d'Essilor, le Proximètre. La mesure se fait sur un sujet emmétropisé en VL.

La procédure est la suivante :

A 40 cm, l'accommodation minimale nécessaire pour lire Parinaud 2 est 2,50D.

L'évaluation de l'amplitude d'accommodation à 40cm se déduit ainsi :

- Si le sujet ne lit plus avec -1,00D, son amplitude maximale d'accommodation est de $2,50 + (-0,75) = + 3,25D$
- Si le sujet commence à lire avec +1,25D, son amplitude d'accommodation est de $2,50 - (+1,25) = 1,25D$

L'inconvénient de cette méthode pour mon étude pratique sur des sujets entre 20 et 25 ans est le manque de verres concaves disponibles pour mesurer l'amplitude maximale d'accommodation.

En effet, les jeunes adultes testés ont pour la plupart une amplitude entre 9 et 10D, il serait donc nécessaire d'avoir à disposition un verre de -7,5D (pour une accommodation de 10D) ; et un verre de -6,50D (pour une accommodation de 9D) pour cette étude. [6]

3- Mesures des accommodations relatives : ARN et ARP :

L'amplitude d'accommodation relative est la valeur maximale de l'accommodation que l'œil peut exercer tout en maintenant une convergence fixe.

Elle se mesure en binoculaire.

L'amplitude d'accommodation relative négative (ARN) consiste à ajouter sur les deux yeux des verres convexes, jusqu'à ce que le sujet perçoive le premier flou constant.

L'amplitude d'accommodation relative positive (ARP) consiste à ajouter sur les deux yeux des verres concaves, jusqu'à ce que le sujet perçoive le premier flou constant.

Les accommodations relatives permettent de définir la zone de vision binoculaire simple et nette. Elles testent les capacités en convergence et en divergence relative du sujet :

- lorsque le sujet relâche son accommodation (ARN) sa convergence accommodative se relâche (synergie accommodation/convergence). Pour pouvoir conserver le texte simple, celui-ci devra mettre en jeu ses réserves fusionnelles positives.

L'ARN permet donc de tester la convergence fusionnelle relative.

- lorsque le sujet met en jeu son accommodation (ARP), la convergence tend à augmenter (synergie accommodation/convergence). Pour pouvoir conserver le texte simple, celui-ci devra mettre en jeu ses réserves fusionnelles négatives.

L'ARP permet donc de tester la divergence fusionnelle relative. [2]

a- Procédure :

La cible devra être suffisamment précise pour que le sujet puisse focaliser la netteté et maintenir son attention.

L'ARN se fera TOUJOURS avant l'ARP : il faut tester la désaccommodation avant l'accommodation.

1. Ajuster le réfracteur en vision de près (VP), avec un éclairage supplémentaire sur le test
2. Placer le test à 40cm
3. Placer la correction optimale VL du sujet dans le réfracteur, le sujet est en binoculaire
4. Demander au sujet de prévenir dès que les lettres deviennent floues et constamment floues même s'il peut encore les lire
5. Ajouter des verres convexes par pas de 0,25D, à la cadence d'un verre toutes les 2 secondes
6. Dès que le premier flou est reporté, demander au sujet s'il n'arrive pas à remettre la netteté sur la cible
7. Noter la valeur du premier flou constant : l'ARN sera la différence entre la réfraction VL et cette valeur
8. Procéder de même pour l'ARP, en additionnant des verres concaves

La phraséologie est la suivante « Vous allez maintenir la netteté sur ces lettres. Je vais faire défiler des verres devant vos yeux et vous me préviendrez dès que vous percevrez le premier flou, même si vous arrivez encore à lire ». [2]

b- Normes :

L'ARN doit être inférieure à l'ARP.

Les normes des accommodations relatives sont :

ARN : +1,75 / +2,00

ARP : -2,25 / -2,50

c- Résultats anormaux :

- Si l'ARN est supérieure à la norme :

Le test étant placé à 40cm (2,50D), l'ARN ne devrait donc pas être supérieure à 2,50D.

Si tel est le cas, l'accommodation n'est pas complètement relâchée en VL et donc la réfraction est trop concave.

En pratique, si l'ARN est égale ou supérieure à la norme, le clinicien devra revoir sa réfraction en VL.

- Si l'ARN est inférieure à la norme :

Le clinicien peut suspecter une insuffisance de convergence chez le sujet ; l'ARN mettant en évidence les limites des réserves fusionnelles positives.

D'un point de vue accommodatif, un ARN inférieur à la norme, peut également signaler un excès accommodatif, ou des spasmes.

- Si l'ARP est inférieure à la norme :

Le clinicien peut suspecter une insuffisance de divergence chez le sujet ; l'ARP mettant en évidence les limites des réserves fusionnelles négatives.

D'un point de vue accommodatif, l'ARP peut être limitée par de faibles réserves accommodatives.

- Si l'ARP est supérieure à la norme :

La valeur limite attendue pour l'ARP, si les réserves fusionnelles négatives sont bonnes, est liée à l'amplitude d'accommodation.

Une ARP forte fait penser à de grandes réserves fusionnelles négatives.

Dans certains cas, on peut être en présence d'une exophorie VP mal compensée. Le sujet accepte tout d'abord des verres concaves pour se remettre dans une position de confort, avant de commencer à réellement fournir un effort en divergence : la valeur de l'ARP sera donc logiquement plus élevée que la norme.

Si l'ARN est supérieure à la norme : revoir la réfraction VL

Si l'ARP est inférieure à la norme : tester le PPA

Si l'ARN est inférieure à la norme ; et l'ARP supérieure à la norme : tester les phories associées, dissociées, le gradient

4- La flexibilité accommodative :

Les tests de flexibilité accommodative mesurent l'habileté du couple oculaire à alterner leur statut accommodatif. Ils permettent de mettre en évidence la qualité des variations accommodatives, telles que leur régularité, leur efficacité, et leur rôle dans la vision binoculaire.

Il existe deux tests de la facilité accommodative :

- le rock accommodatif : utilisation des variations de sphères
- les fixations sautées : utilisation des variations de distances

Ces deux tests sont communément mesurés en cycles/minute (cpm), ce qui correspond à un aller et retour.

La flexibilité accommodative teste donc la dynamique de l'accommodation volontaire. Cette dernière peut être facilement contrôlée par son entraînement.

De nombreuses études ont montré, qu'il était possible d'entraîner et d'améliorer l'accommodation chez des patients symptomatiques manifestant une dynamique lente, et ainsi régler tout ou une partie des plaintes en VP du sujet. [2]

a- Le rock accommodatif :

Le rock accommodatif est un test qui s'effectue en VP à 40cm.

Le praticien devra alterner des verres devant les yeux du sujet, généralement +/- 2,00D, tandis que le sujet fait la netteté sur la cible. Il passera d'un verre à l'autre dès que le sujet aura réussi à faire la netteté sur le test.

Le rock accommodatif peut s'effectuer en binoculaire et en monoculaire.

Le rock accommodatif monoculaire va permettre de tester la rapidité et la résistance à la fatigue du muscle ciliaire et du cristallin. Il aidera le clinicien à déceler une inertie accommodative.

Le rock accommodatif binoculaire va permettre de tester la flexibilité de l'accommodation pour une convergence donnée.

L'ajout des verres convexes va entraîner une mise en jeu de la convergence fusionnelle relative.

L'ajout des verres concaves va entraîner une mise en jeu de la divergence fusionnelle relative.

La procédure est la suivante :

1. Placer la correction optimale VL du sujet sur la lunette d'essai

2. Placer une cible appropriée en VP à 40cm (en général échelle d'acuité visuelle Snellen) et un éclairage supplémentaire sur la cible
3. Commencer le rock binoculaire avec une face binoculaire de +/- 2,00D
4. Chronométrer le sujet et compter le nombre de cycles sur une minute
5. Noter le nombre de cycles par minute (1 passage sur le convexe / 1 passage sur le concave / 1 retour sur le convexe = 1 cycle)
6. Si le résultat binoculaire est inférieur à la norme : recommencer la procédure sur l'OD puis sur l'OG
7. Noter les résultats obtenus et si le sujet bloque plus particulièrement sur un des deux verres

La phraséologie est la suivante « Vous allez fixer ces lettres et les garder nettes. Vous allez placer les deux verres de cette monture devant vos yeux et dès que vous retrouverez une parfaite netteté sur le test, vous retournerez la face. Le but est de faire le plus de rotations possibles mais la rotation ne doit se faire que si le texte vous paraît simple et net. Vous recommencerez l'opération jusqu'à ce que je vous arrête ».

Les normes sont :

- **Rock accommodatif binoculaire : minimum : 10 cpm**
moyenne : 13 cpm
- **Rock accommodatif monoculaire : minimum : 12 cpm**
moyenne : 17 cpm

Si le rock binoculaire est mauvais, tester le rock mono.

Si le rock monoculaire est mauvais ; il s'agit d'un dysfonctionnement accommodatif pur.

Si le rock monoculaire est bon, il s'agit d'un dysfonctionnement de la relation accommodation / convergence. [2]

b- Les fixations sautées VL-VP :

Le test des fixations sautées s'effectue entre la VL (5m) et la VP à 40cm. Le sujet devra alterner sa fixation entre la VL et la VP sur des cibles accommodatives précises en gardant toujours la netteté.

Les fixations sautées permettent de tester l'habileté du patient à passer de la VL à la VP en gardant une bonne focalisation.

Les fixations sautées peuvent s'effectuer en binoculaire et en monoculaire. En général, le praticien commence par les fixations sautées binoculaires :

- si le nombre de cycles par minute est dans les normes, s'en tenir là
- si le nombre de cycles par minute est inférieur aux normes, il testera les fixations sautées en monoculaire sur les deux yeux afin de déterminer si le problème est :
 - principalement accommodatif : mesure monoculaire inférieure à la norme
 - lié à la vision binoculaire : mesure monoculaire dans les normes

La cible sera une lettre précise en VL et VP, d'une à deux lignes inférieures à la meilleure acuité du plus mauvais œil, afin de contrôler l'accommodation et la fixation du sujet.

La procédure est identique à celle du rock accommodatif. On demande simplement au sujet de passer de la VL à la VP.

La phraséologie est la suivante « Vous allez devoir passer d'une lettre à l'autre, en cherchant à toujours maintenir la simplicité et la netteté. Dès que la lettre est perçue simple et nette, vous passez à l'autre et ainsi de suite. Vous recommencerez l'opération jusqu'à ce que je vous arrête ». [2]

Les normes sont :

- **Fixations sautées binoculaires : minimum : 12 cpm**
moyenne : 16 cpm
- **Fixations sautées monoculaires : minimum : 15 cpm**

moyenne : 20 cpm

Si les résultats binoculaires sont mauvais, il faut tester les fixations sautées monoculaires.

Si les résultats monoculaires sont bons, il s'agit d'un dysfonctionnement de la relation accommodation/convergence. Il faut mesurer les phories dissociées et les réserves fusionnelles.

Si les résultats monoculaires sont mauvais, il s'agit d'un déséquilibre accommodatif pur ; il faudra tester les amplitudes d'accommodation monoculaires. [2]

5- Choix de l'addition du non presbyte :

Le choix de l'addition chez un non presbyte se fait en fonction des résultats obtenus aux tests en VP :

- amplitude d'accommodation
- ARN/ARP
- vision binoculaire
- plaintes

Le but est de replacer le sujet dans les normes de ces tests grâce à l'addition. Les différents tests seront corrélés avant tout essai.

a- En fonction des plaintes :

Les symptômes les plus courants liés à des désordres accommodatifs, vont être :

- un flou VL après un travail prolongé VP
- un flou VP après quelques temps en VL
- un effort oculaire (brûlures, picotements, larmoiements)
- des céphalées

Si le sujet ne se plaint pas, il ne faut jamais prescrire d'addition, même si les résultats à certains tests sont hors normes.

b- En fonction des amplitudes accommodatives :

Une amplitude d'accommodation inférieure aux valeurs minimales attendues pour l'âge, et engendrant des plaintes, pourra faire envisager la prescription d'une addition VP. Il faudra s'assurer que la cause est organique : maladie ou médicaments.

Si la cause est liée à une fatigue, ou une inertie accommodative, une rééducation devra être envisagée en priorité.

Une des premières causes de l'insuffisance accommodative (ARP faible) est une réfraction trop concave. Il faudra donc vérifier en priorité la réfraction.

c- En fonction des ARN/ARP :

Une addition convexe est envisagée dans le cas où l'ARP est inférieure à la norme.

d- En fonction du gradient :

Une addition peut être prescrite chez les sujets ésophores dont le rapport AC/A est fort. On choisit le verre qui ramène au mieux la phorie dans les normes.

e- Essai de l'addition :

L'utilisation de la lunette d'essai est obligatoire.

L'essai de l'addition commence par une mesure de l'acuité visuelle VP avec et sans addition. On fait une comparaison du confort avec des faces binoculaires +/- 0,25D par-dessus l'addition testée.

La valeur de l'addition doit rester en adéquation avec la distance de travail.

Le sujet devra comparer le confort et la netteté de sa vision avec et sans addition.

Il est déconseillé de prescrire une addition, si le sujet ne rapporte pas une amélioration subjective significative de ses performances avec la prescription VP.

f- Les nouveaux verres ophtalmiques EYEZEN d'ESSILOR pour la vie connectée :

La dernière étude d'Essilor s'est penchée sur l'utilisation des outils numériques (tablette, smartphone) créant de nouveaux comportements visuels et posturaux.

Ses résultats montrent que la distance moyenne d'utilisation de ces outils par rapport au support papier classique est plus courte (33cm pour les smartphones et 39 cm pour les tablettes, contre 40cm pour le papier), et que l'abaissement moyen du regard est plus important (25° pour les smartphones, contre 18° pour la lecture sur papier). Ces données révèlent le besoin d'une nouvelle zone de vision : la Vision Ultra Proche.

Une part additionnelle dans le bas du verre a été ajoutée, permettant de soulager l'effort accommodatif.

En effet, une étude réalisée par Chi and Lin a montré en 1998 que le pouvoir accommodatif chute après un travail prolongé et soutenu en VP. Ainsi il a été constaté une chute du pouvoir accommodatif de 0.4D après 20 min de travail en vision de près pour une tâche de lecture classique.

C'est pourquoi la puissance additionnelle apportée est de 0,4D pour le groupe 20-34 ans.

Le verre Essilor EYEZEN 0,4 correspond à la correction standard avec +0,4D dans le bas du verre pour réduire la fatigue visuelle des 20-34 ans induite par des outils numériques. [12]

B- ACCOMMODATION ET OCULOMOTRICITE:

1- Accommodation et vergences :

L'accommodation est un réflexe géré par le système nerveux autonome (SNA), il est déclenché par un flou de l'image dans la zone autour de la fovéa.

L'accommodation varie :

- avec la distance de l'objet fixé. Lorsque l'objet se rapproche, son image tombe en arrière de la rétine, ce qui déclenche le flou de l'image. L'œil augmente la puissance de convergence de son cristallin.
- avec l'amétropie du sujet. L'image qui devrait tomber sur la rétine se forme en arrière de la rétine, en cas d'hypermétropie, ou en avant en cas de myopie.

La convergence ne correspond pas à une force unique mais à la synergie de plusieurs types de convergence agissant pour atteindre la convergence requise (Cr) à toutes distances.

a- La convergence tonique :

La disposition anatomique des cavités orbitaires (environ 45°) entraîne une divergence des axes visuels en état de repos anatomique (coma profond ou mort).

Le tonus musculaire physiologique réduit cette divergence grâce à l'existence de la convergence tonique.

Si la valeur de cette convergence est égale à celle de la divergence des cavités orbitaires du sujet, ses axes visuels seront parallèles en position de repos. Le sujet est alors orthoporique.

Si elle est plus importante, on parlera d'insuffisance de divergence, le sujet est ésophore de loin.

Si elle est moins importante, on parlera d'excès de divergence, le sujet est exophore de loin.

b- La convergence accommodative :

L'accommodation et la convergence étant liées, toute variation de l'une entraînera une variation de l'autre.

Un sujet emmétrope n'accommodant pas de loin va utiliser surtout la convergence accommodative en vision de près. L'accommodation va entraîner un réflexe de convergence. Si cette convergence réflexe est trop importante, on parlera d'excès de convergence ; le sujet présentera un ésophorie en VP.

Si la convergence est insuffisante, on parlera d'insuffisance de convergence ; le sujet présentera une exophorie en VP.

c- La convergence proximale :

Il s'agit d'un réflexe de convergence attribuée à la conscience ou à l'impression de la proximité d'un objet.

L'observation d'une image située à l'infini dans un instrument de type frontofocomètre peut provoquer ce réflexe, on l'appelle alors convergence instrumentale.

d- La vergence fusionnelle :

Elle est provoquée par le désir de fusionner les images perçues par chacun des deux yeux. Chez les orthophoriques, elle est nulle car les deux yeux s'alignent naturellement sur l'objet fixé.

Chez les ésophores (qui ont tendance à trop converger), une divergence fusionnelle va se mettre en place afin de voir l'objet simple.

Chez les exophores, la convergence fusionnelle permettra de pallier au manque de convergence. [1]

2- La liaison accommodation/convergence :

L'accommodation et la convergence sont étroitement liées et l'étude de leur rapport apparaît déterminante dans la résolution de certains dysfonctionnements de vision binoculaire.

Le rapport accommodation/convergence (AC/A) est la quantité de convergence accommodative engendrée par une modification d'accommodation donnée.

Deux façons existent pour le mesurer :

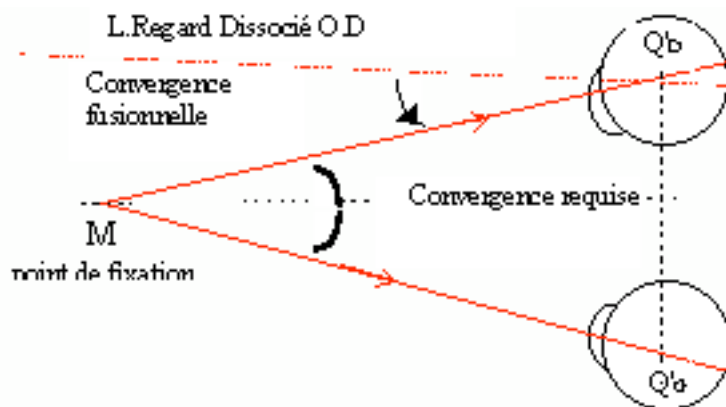
- variation accommodative par modification de distance : AC/A calculé
- variation accommodative par interposition de sphère : Gradient

a- Le calcul du rapport AC/A :

En vision de loin, l'accommodation est nulle ; et la convergence requise (Cr) également.

En vision de près, la cible se situe à 40 cm, l'accommodation est donc de $1 / 0,4 = 2,5D$.

La convergence requise sera de $Cr = \text{Ecart pupillaire (cm)} / 0,4$



Selon Pythagore, $\tan a = (EP/2) / \text{Distance cible}$

$Cr = 2 * a = Ep / D$ (en m)

L'exophorie est comptée négativement ; l'ésophorie est comptée positivement.

$$AC/A = (Cr - \text{Phorie VL} + \text{Phorie VP}) / \text{Stimulus accommodatif}$$

$$\text{Avec } Cr = Ep \text{ (cm)} / D \text{ (en m)}$$

La norme est entre 3 et 5.

Exemple :

- Sujet en VL : ésophore de 2DP (+2)

VP : ésophore de 8 DP (+8)

$$Ep = 6\text{cm}$$

$$AC/A = ((6 / 0,4) - 2 + 8) / 2,5 = 8,4$$

Dans ce cas, pour une accommodation donnée, il converge trop.

- Sujet en VL : orthophorique

VP : exophore de 12 DP (-12)

$$Ep = 6 \text{ cm}$$

$$AC/A = ((6/0,4) - 0 - 12) / 2,5 = 1,2$$

Dans ce cas, pour une accommodation donnée, le sujet ne converge pas assez.

Si le rapport AC/A est supérieur à 5, cela signifie que le patient converge trop par rapport à l'accommodation donnée. Cela entraîne une majoration d'une ésodéviations en VP, une ésophorie accommodative ou une compensation d'exophorie.

Si le rapport AC/A est inférieur à 3, cela signifie que le patient ne converge pas assez par rapport à l'accommodation donnée. Cela entraîne la majoration d'une exodéviations en VP ou une exophorie.

L'inconvénient de cette méthode de calcul, c'est qu'elle ne tient pas compte de la convergence proximale ; elle a donc tendance à surévaluer sa valeur.

On peut donc utiliser la méthode du gradient.

b- Le gradient :

Il consiste à déterminer les variations de la convergence en faisant varier l'accommodation par interposition de sphères.

La mesure consiste à relever la valeur de la phorie en VP, le sujet étant muni de sa correction optimale VL ; puis au travers d'une addition de +1,00D (s'assurer que le sujet voit les lettres nettes avec l'addition).

La variation de phorie par dioptrie d'addition donne la valeur clinique du rapport AC/A.

$$\text{AC/A par le Gradient} = (\text{Phorie 1} - \text{Phorie 2}) / \text{Addition}$$

La norme est 2 .

Exemple :

- Sujet en VP : ésoptre de 3DP (+3)
avec addition de +1,00 : exoptre de 2DP (-2)

$$\text{AC/A par Gradient} = (3 - (-2)) / 1 = 5$$

L'avantage de cette méthode est qu'elle donne une valeur plus réaliste du lien accommodation/ convergence que celle obtenue par la calcul du rapport AC/A.

Son rôle est prépondérant si l'on envisage de conseiller une addition.

Par contre, le test est pratiqué sur un court instant ; peut-on s'assurer de la stabilité de la phorie dans le temps ?

3. CLASSIFICATION DES TROUBLES ACCOMMODATIFS

Les anomalies de l'accommodation les plus courantes sont les suivantes :

Les cas de sous-accommodation : - l'insuffisance accommodative

- la fatigue accommodative
- la paralysie accommodative

Les cas de sur-accommodation : - l'excès accommodatif

- les spasmes accommodatifs [1]

1- L'insuffisance accommodative :

L'insuffisance accommodative est souvent déterminée par une accommodation faible pour l'âge du sujet : réduction d'environ 2D ou plus.

Le principal symptôme est un flou en VP.

La mise en évidence de l'insuffisance accommodative est le test de l'amplitude d'accommodation.

Plaintes	Etiologies
Yeux qui tirent	Réfraction en vision de loin trop concave
Troubles asthénopiques	Insuffisance de convergence
Céphalées	L'insuffisance d'accommodation est aggravée par un état de fatigue générale, le surmenage lors d'activités au près
Vision fluctuante en VP devenant floue suite à une lecture prolongée	Pathologies : syndrome de Down, infirmité motrice cérébrale
Problème de passage VL-VP	
Réduction du niveau d'attention visuelle et des capacités de mémoire visuelle	

Réfraction VL	Gradient	Rock	ARN/ARP	Amax
Peut être très concave	Si l'insuffisance accommodative est associée à une insuffisance de convergence, le gradient est impossible (prise d'ésophorie avec les sphères positives)	Blocage sur les faces concaves	ARP faible	L'amplitude d'accommodation est inférieure (au minimum 2D) aux capacités normalement attendues pour l'âge du sujet

Prise en charge
Prescription de la correction optique la plus convexe possible
Addition VP
Conseils d'ergonomie visuelle
Référer si une pathologie est suspectée

2- La fatigue accommodative :

La fatigue accommodative est souvent déterminée par une amplitude d'accommodation normale ou faible et qui diminue avec la répétitivité du test PPA.

L'accommodation et spécialement son amplitude sont maintenues au prix d'un effort considérable. C'est souvent le début de l'insuffisance accommodative.

<i>Plaintes</i>	<i>Etiologie</i>
Yeux qui tirent Troubles asthénopiques Céphalées Vision fluctuante en VP devenant floue suite à une lecture prolongée Problème de passage VL-VP Réduction du niveau d'attention visuelle et des capacités de mémoire visuelle	Elle est généralement liée à un dysfonctionnement de l'accommodation suite à son utilisation trop importante en VP

<i>Réfraction VL</i>	<i>Gradient</i>	<i>Rock</i>	<i>ARN/ARP</i>	<i>Amax</i>
Parfois prise de convexe par rapport à la compensation normale chez le jeune	Si la fatigue est associée à une insuffisance de convergence, le gradient est impossible (prise d'ésophorie avec les sphères positives)	Initialement normal mais la performance diminue progressivement avec la répétition du test sur les faces concaves	ARP normal à faible selon le moment de sa réalisation dans le bilan	La fatigue accommodative pourra être diagnostiquée avec le test du PPA. Les trois mesures successives montrent une amplitude accommodative initialement normale puis un recul du PPA avec la répétition du test

Prise en charge
Prescription de la correction optique la plus convexe possible
Addition VP si le sujet a besoin d'être soulagé rapidement
Rééducation (Rock accommodatif) peut permettre au sujet de mieux mobiliser son accommodation et de retrouver un confort visuel en VP
Conseils d'ergonomie visuelle

3- La paralysie accommodative :

C'est un cas rare où le patient n'a plus aucune amplitude d'accommodation. Parfois le sujet a les pupilles en mydriase.

Elle est généralement liée à un problème pathologique.

Le principal symptôme est une vision de près floue, le patient va plisser les yeux pour faire un effet de trou sténopéique.

La mise en évidence est réalisée grâce au test d'amplitude d'accommodation : elle est faible à nulle.

Si le problème est nouveau, il faut référer en urgence.

<i>Plaintes</i>	<i>Etiologies</i>
VP floue	Défaut congénital Origine infectieuse Empoisonnement Atteinte du 3 ^{ème} nerf crânien Traumatisme

<i>Réfraction VL</i>	<i>Gradient</i>	<i>Rock</i>	<i>ARN/ARP</i>	<i>Amax</i>
Rien de spécifique		Blocage sur les + et – 2,00D	ARN ET ARP faibles	Très faible à nulle

<i>Prise en charge</i>
Référer si le problème est nouveau Addition convexe, déterminée de la même façon qu'un presbyte

4- L'excès accommodatif :

L'excès accommodatif est souvent déterminé par l'incapacité du sujet à relâcher l'accommodation de façon soudaine.

C'est une anomalie qui est souvent liée à l'insuffisance de convergence. Le principal symptôme est une vision de loin floue, avec des difficultés de passage du près au loin.

Pour diagnostiquer l'excès accommodatif, le test de flexibilité est important : le patient a des difficultés à relâcher l'accommodation et présente un blocage sur les +2,00D.

La prise en charge permet au patient d'apprendre à relâcher l'accommodation : on utilise pour cela le rock accommodatif et les fixations sautées.

<i>Plaintes</i>	<i>Etiologies</i>
VL floue, vision fluctuante en VP parfois	Faible hypermétropes non corrigés
Yeux qui tirent	Myopies évolutives
Troubles asthénopiques	Plus fréquent à l'adolescence
Maux de tête frontaux	L'excès accommodatif est souvent lié aux conditions de travail en VP (durée excessive, mauvais éclairage, trop près)
Problème lors du passage VP-VL	Manque d'activités en VL, sédentarisation

<i>Réfraction VL</i>	<i>Gradient</i>	<i>Rock</i>	<i>ARN/ARP</i>	<i>Amax</i>
Le sujet demande sans cesse l'ajout de verres concaves	Normal à faible Souvent difficile à mesurer car le test est flou avec	Blocage sur les faces convexes en binoculaire (excès accommodatif binoculaire) et/ou en	ARN normal à faible	Rien de spécifique

qui lui rendent la vision plus nette	les sphères positives	monoculaire (excès accommodatif pur)		
--------------------------------------	-----------------------	--------------------------------------	--	--

Prise en charge
L'objectif est d'apprendre à relâcher l'accommodation, la prise en charge est donc essentiellement orthoptique et s'appuie sur des exercices de flexibilité accommodative Rock accommodatif monoculaire puis binoculaire (faces de +/- 0,75 à 1,00D puis augmenter jusqu'à +2,00D) Fixations sautées (VP-VL) monoculaires puis binoculaires Conseils d'ergonomie visuelle : conditions de travail, posture visuelle (inciter le sujet, lors d'un travail en VP, à regarder régulièrement au loin, par la fenêtre, par exemple, pour relâcher l'accommodation) Parfois changer les habitudes dans les activités du patient : prolonger les pauses, encourager les activités en VL et le sport

5- Les spasmes accommodatifs :

Les vrais spasmes accommodatifs sont rares, ils sont généralement très marqués et peuvent dépasser 10D.

L'accommodation est instable ; on rencontre souvent ces spasmes chez des hypermétropes latents.

Les principaux symptômes sont une vision de loin floue après un travail prolongé en vision de près, ainsi qu'une vision fluctuante.

Il n'y a pas véritablement un test qui permette de mettre en évidence le spasme accommodatif : tous les résultats aux tests sont variables.

Le premier traitement est la prescription de la compensation maximale convexe, et si besoin d'une addition pour la VP.

Plaintes	Etiologies
Yeux qui tirent	Faibles hypermétropes
Troubles asthénopiques	Hypermétropie latente
Céphalées	Pseudo-myopie
Problèmes lors du passage VP-VL	Patients angoissés
Vision fluctuante	

Réfraction VL	Gradient	Rock	ARN/ARP	Amax
- Elle peut être fluctuante au cours de l'examen de vue - Souvent très concave si le sujet spasme pendant la réfraction	Difficile à mesurer si le spasme a lieu pendant l'examen	Risque de blocage pendant le test, principalement sur les faces positives mais aussi sur les faces négatives	Risque de blocage pendant le test avec une ARN faible ou variable	Rien de spécifique

Prise en charge
L'objectif est de stabiliser l'accommodation : - Prescription de la correction optique - Addition VP si nécessaire - Conseils d'ergonomie visuelle et pauses visuelles Lorsque les spasmes accommodatifs sont très sévères, une prise en charge pharmacologique à base de cycloplégiques est souvent choisie. Il faut donc référer à un ophtalmologiste.

Les troubles de la vision binoculaire peuvent être classés en deux catégories selon la phorie de départ :

- Esophorie d'excès de convergence
d'insuffisance de divergence
- Exophorie d'excès de divergence
d'insuffisance de convergence

6- L'ésophorie d'excès de convergence :

L'ésophorie d'excès de convergence est déterminée par une phorie en VL compensée et une ésophorie en VP importante et mal compensée.

<i>Plaintes</i>	<i>Etiologies</i>
Essentiellement en VP Absentes le matin, elles apparaissent avec le travail et les activités en VP Diplopie intermittente en VP Maux de tête frontaux qui apparaissent pendant le travail VP Inconfort oculaire Difficultés de passage VP-VL, après un long travail en VP	Amétropie mal corrigée : hypermétropie sous compensée, hypermétropie latente, myopie sur compensée Spasmes accommodatifs Convergence fusionnelle importante Forte anxiété, stress

Réfraction VL	Gradient	Rock	ARN/ARP	Réserves
VL concave	Fort (supérieur à 2,5)	En présence d'un déséquilibre accommodation/convergence, on note un blocage sur les faces positives au rock bino. En présence d'un excès accommodatif, les difficultés avec le convexe s'observeront également avec le rock mono	En présence d'un excès accommodatif, ARN faible	Divergence fusionnelle limitée en VP, normale en VL

Prise en charge
Adapter les conditions de travail : distance, durée Prescription de la correction optique En présence d'un excès accommodatif : prise en charge orthoptique. Prise de conscience de la diplopie physiologique, augmentation de la flexibilité accommodative mono puis bino, fixations sautées VL-VP, augmentation des réserves fusionnelles négatives en VP Prescription de prismes si la rééducation ne fonctionne pas ou personnes âgées, mauvaise santé

7- L'ésophorie d'insuffisance de divergence :

L'ésophorie d'insuffisance de divergence est déterminée par une ésophorie en VL importante et mal compensée. L'ésophorie en VP est compensée.

Plaintes	Etiologies
Essentiellement en VL	Hypermétropie non compensée
Généralement absentes les matins et apparaissent au cours de la journée	Hyperaction des droits médians
Diplopie intermittente en VL	Anomalie de l'orbite
Troubles asthénopiques	Convergence tonique trop importante
Maux de tête frontaux	Forte anxiété
Vision floue si l'hypermétropie n'est pas compensée	Mauvaise santé générale

Réfraction VL	Gradient	Rock	ARN/ARP	Réserves
Hypermétropie non compensée en VL	Faible	Rien de spécifique	Rien de spécifique	Divergence fusionnelle limitée en VL, normale en VP

Prise en charge
Prescription de la correction optique la plus convexe possible Adapter les conditions de travail : distance, durée Rééducation orthoptique : augmentation des réserves fusionnelles négatives en VL, prise de conscience de la diplopie physiologique, fixations sautées VL/VP Prescription de prismes si la rééducation ne fonctionne pas ou personnes âgées, mauvaise santé

8- L'exophorie d'excès de divergence :

L'exophorie d'excès de divergence est déterminée par une phorie en VL importante et mal compensée. L'exophorie en VP est inférieure à celle de VL et est compensée.

<i>Plaintes</i>	<i>Etiologies</i>
Souvent aucune car la neutralisation est fréquente Diplopie intermittente VL que le sujet cherche à contrôler grâce à l'accommodation Céphalées Œil qui lâche la fixation en présence de forte luminosité	Etiologie mal connue Dysfonctionnement pouvant être anatomique ou lié au tonus musculaire

<i>Réfraction VL</i>	<i>Gradient</i>	<i>Rock</i>	<i>ARN/ARP</i>	<i>Réserves</i>
Réfraction en VL souvent trop concave	Fort	Rien de spécifique	Rien de spécifique	Convergence fusionnelle VL limitée

<i>Prise en charge</i>
Prescription de la correction optique (totale pour un myope) Rééducation orthoptique : lever la neutralisation, prise de conscience de la diplopie physiologique, augmentation des réserves fusionnelles positives en VL Prescription de prismes si la rééducation ne fonctionne pas ou personnes âgées, mauvaise santé

9- L'exophorie d'insuffisance de convergence :

L'exophorie d'insuffisance de convergence est déterminée par une phorie en VL compensée.

L'exophorie en VP est importante et mal compensée.

<i>Plaintes</i>	<i>Etiologies</i>
Diplopie intermittente en VP qui arrive parfois rapidement (PPC inférieur à 10cm)	Hypermétropie non corrigée
Fatigue	Myopie non corrigée
Céphalées	Presbytie
Inconfort en VP qui arrive rapidement	Hypoaction des droits médians
Perte de concentration	Hyperaction des droits latéraux
Vision floue en VP	Age : diminution de la convergence accommodative
	Grand écart interpupillaire

<i>Réfraction VL</i>	<i>Gradient</i>	<i>Rock</i>	<i>ARN/ARP</i>	<i>Réserves</i>
Correction VL souvent trop concave	Faible	Blocage sur les sphères positives	Rien de spécifique	Convergence fusionnelle en VP limitée

<i>Prise en charge</i>
Prescription de la correction optique (totale en myopie)
Rééducation orthoptique : lever la neutralisation, prise de conscience de la diplopie physiologique, augmentation des réserves fusionnelles positives en VP
Prescription de prismes si la rééducation ne fonctionne pas ou personnes âgées, mauvaise santé

4. ETUDE CLINIQUE

1. Introduction :

La convergence et l'accommodation sont étroitement liées. Si l'une des deux présente un dysfonctionnement, c'est tout l'équilibre binoculaire qui est touché.

Or nous sommes partis du constat que la convergence est testée de façon systématique lors d'un bilan orthoptique ; ce qui n'est pas le cas de l'accommodation.

Ainsi nous avons mis en place cette étude afin de répondre à notre hypothèse de départ : « quelle est l'influence de l'accommodation sur l'équilibre oculomoteur chez un jeune adulte ? ».

Lors d'un travail à 40 cm, on met en jeu une valeur de Convergence Requisite facilement calculable : $Cr = \text{Ecart pupillaire (cm)} / 0,4$.

En revanche la convergence accommodative est variable et peut être mesurée grâce aux tests de phories en VP. C'est cette convergence accommodative que l'on a testé lors de cette étude grâce à l'aide de Maddox.

En faisant varier l'accommodation par interposition de sphères, on a pu mesurer le gradient.

La norme du gradient est 2. Cela signifie que chaque variation d'accommodation d'une dioptrie entraîne, en théorie, une variation de 2 dioptries prismatiques de convergence accommodative.

2. Matériel et méthode :

a- Sujets concernés :

Les sujets inclus dans notre étude sont des étudiants d'orthoptie de 2^{ème} et 3^{ème} année de l'école de Lyon. Ils ont entre 20 et 26 ans.

Les critères de non inclusion sont des sujets atteints de strabisme, d'amblyopie ou n'ayant pas de vision binoculaire.

b- Taille de l'échantillon :

45 patients ont pu être testés pendant la période de Septembre 2015 à Mai 2016.

c- Déroulement de l'étude :

Tous les sujets ont reçu un bilan d'une durée de 20 minutes environ.

Le bilan se déroulait de la façon suivante :

- Prise de mesure au réfractomètre
- Mesure des lunettes au frontofocomètre
- Test de l'œil directeur
- Réfraction subjective avec brouillard
- Mesure de la phorie en VL au Maddox avec la correction optimale
- Mesure de la phorie en VP avec l'aile de Maddox
- Mesure de la phorie en VP en rajoutant un verre de +1,00D à la correction optimale
- Mesure de la phorie en VP en rajoutant un verre de +2,00
- Mesure de la phorie en VP en rajoutant un verre de +2,50
- Mesure de la phorie en VP en rajoutant un verre de -1,00
- Mesure de la phorie en VP en rajoutant un verre de -2,00
- Mesure du PPA monoculaire et binoculaire
- Vergences en VL et VP
- Présentation d'un stéréogramme

Les sujets ont été testés dans 2 boxes différents : boxe d'orthoptie de l'hôpital de la Croix Rousse et la boxe d'orthoptie de l'hôpital Edouard Herriot, à Lyon.

d- Type d'étude :

L'activité menée était une étude descriptive par série de cas. Le but étant d'analyser une série de cas similaires sans comparaison avec un groupe de contrôle.

Cette étude a tenté d'établir un lien entre les variations de l'accommodation et la répercussion sur l'état binoculaire.

3. Résultats :

1. Variation phorique :

Les mesures de la phorie VP avec différents verres sphériques ont permis d'analyser la variation phorique de chaque sujet.

La norme du gradient est 2. Cela signifie que chaque variation d'accommodation d'une dioptrie entraîne, en théorie, une variation de 2 dioptries prismatiques de convergence accommodative. On devrait donc avoir une variation phorique linéaire.

Voici l'exemple du sujet 1 :

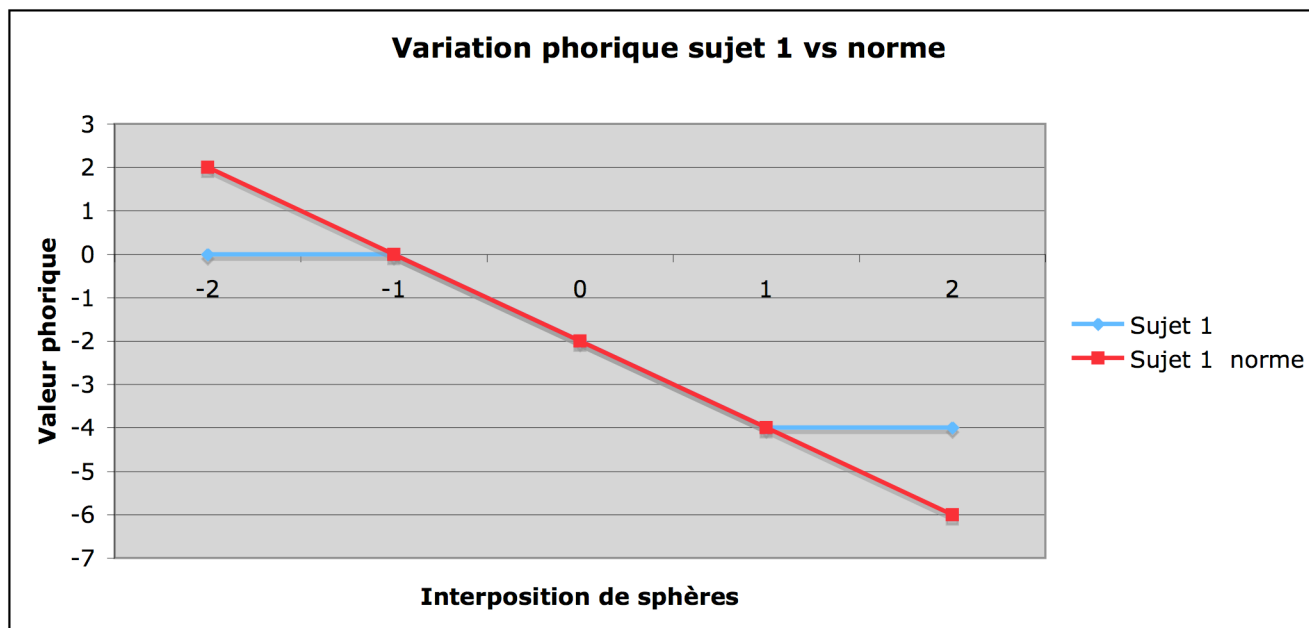


Figure 10 : Variation phorique du sujet 1

On observe une variation proche de la courbe « théorique » linéaire.

Voici l'exemple du sujet 2 :

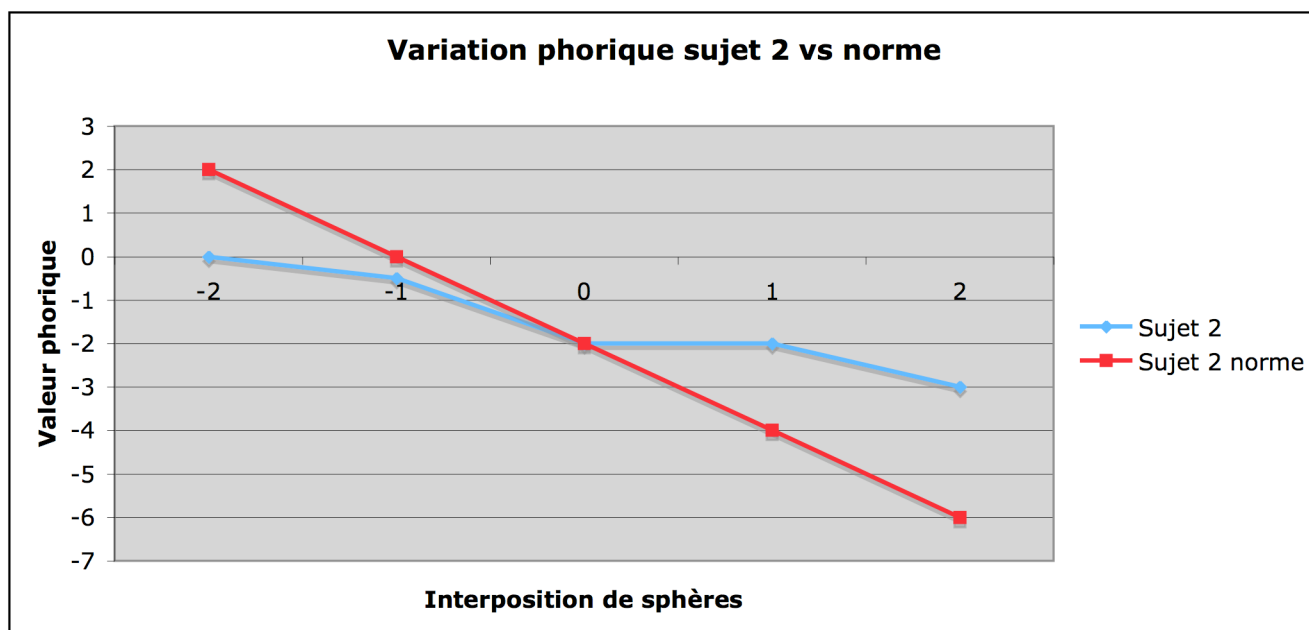


Figure 11 : Variation phorique du sujet 2

On voit que sa courbe de variation phorique ne suit pas la courbe « théorique » linéaire.

Voici l'exemple du sujet 3 :

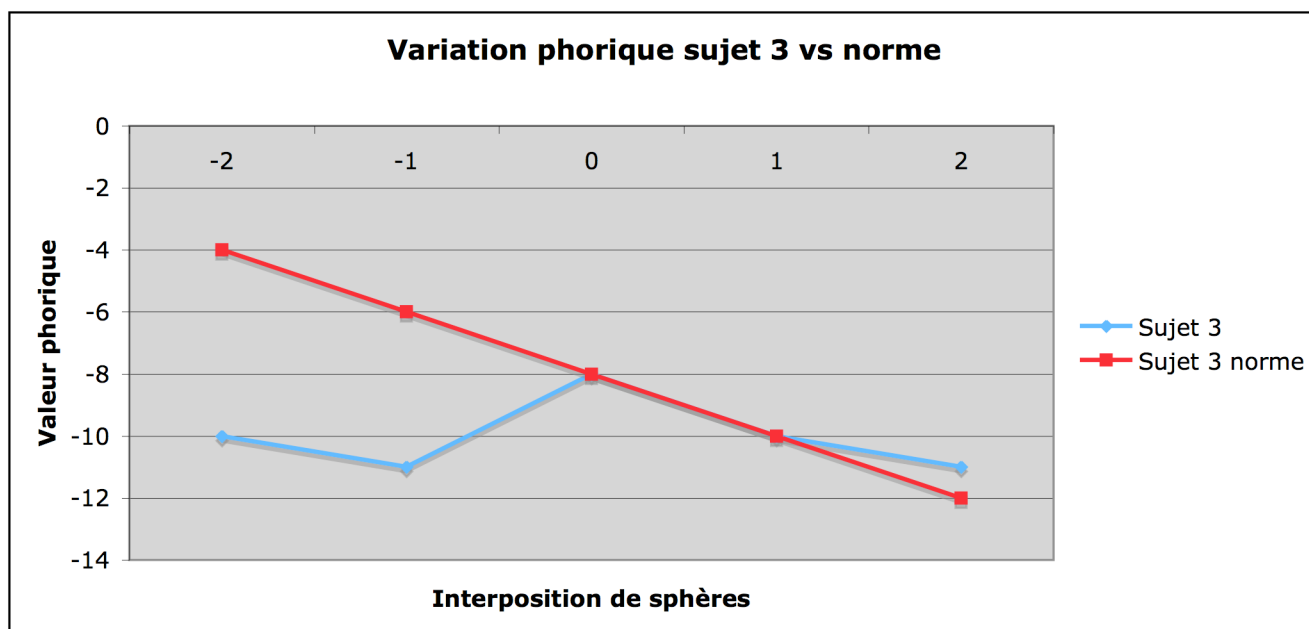


Figure 12 : Variation phorique du sujet 3

On observe peu de variation phorique pour ce sujet qui présente des valeurs d'exophories importantes.

Voici la courbe moyenne des 45 patients :

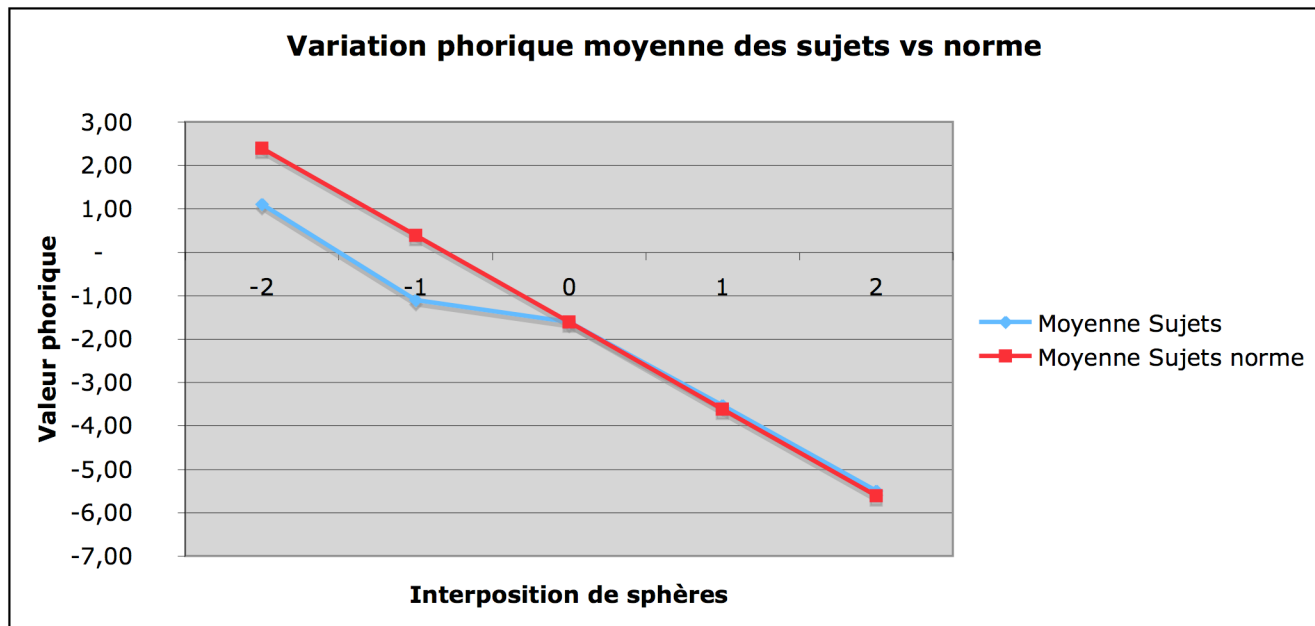


Figure 14 : Variation phorique moyenne des 45 sujets

En VP, la moyenne des phories est une exophorie de -1,61D.

Avec un verre de +1D, la moyenne des phories est une exophorie de -3,52D.

Avec un verre de +2D, la moyenne des phories est une exophorie de -5,50D.

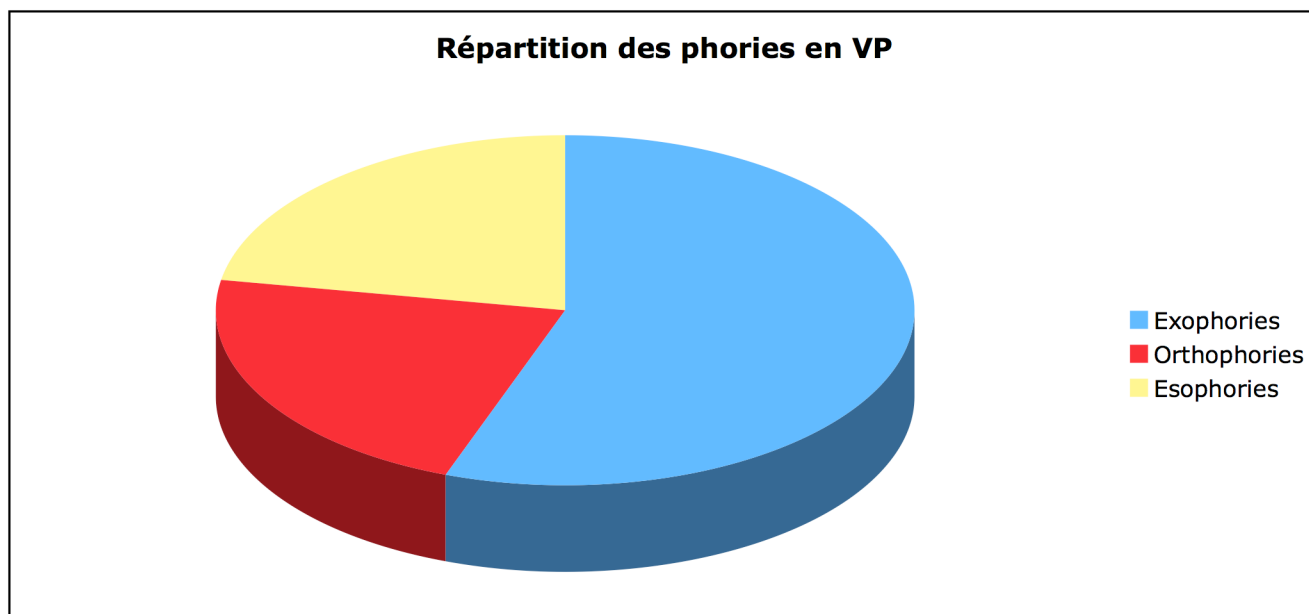
Avec un verre de -1D, la moyenne des phories est une exophorie de -1,10D.

Avec un verre de -2D, la moyenne des phories est une ésophorie de +1,10D.

2. Esophories / Exophories :

Parmi les 45 sujets testés, voici la répartition des phories en VP :

- 25 exophories
- 10 orthophories
- 10 ésophories



L'interposition d'un verre de +1,00D chez les ésophores permet de savoir si le sujet réagit aux sphères et donc si sa phorie revient dans la norme.

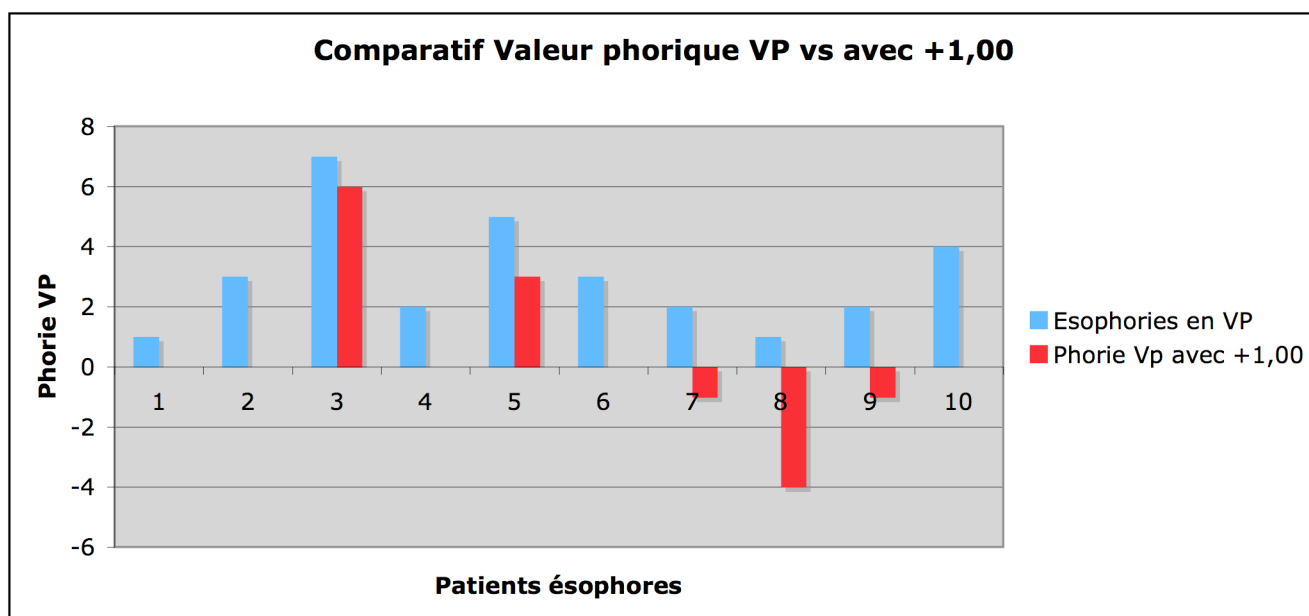


Figure 14 : Comparatif valeur phorique VP vs avec +1,00

Dans **100% des cas**, l'ésophorie a diminué.

50% des sujets ont eu une valeur orthophorique avec l'ajout du verre de +1,00D.

3 sujets sur 10 ont retrouvé une valeur d'exophorie.

c- Comparaison Phorie VL / Phorie VP avec +2,50D :

La mesure de la phorie VL à 5m ne fait pas intervenir l'accommodation.

La mesure de la phorie VP met en jeu une accommodation de 2,50D car le sujet fixe le 0 (objet réel) sur l'aile de Maddox.

En superposant un verre de +2,50D, on a fait désaccommoder le sujet de 2,50D, on pourrait donc s'attendre à la valeur de la phorie VL.

Voici ce qu'on a obtenu :

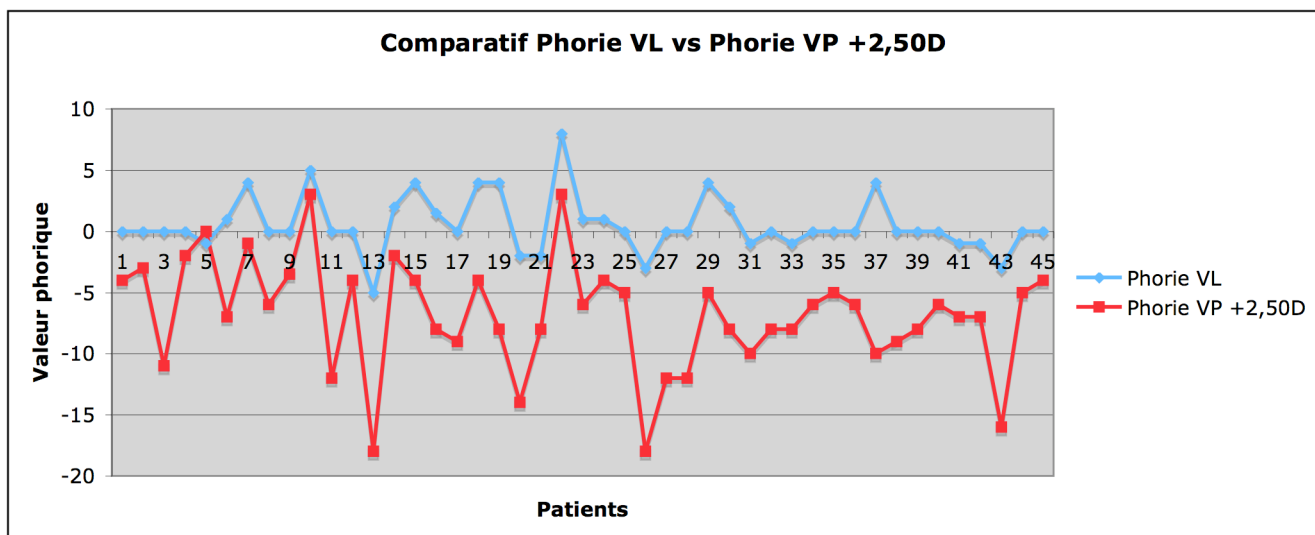


Figure 15 : Comparatif Phorie VL vs Phorie VP avec +2,50D

On observe que nos courbes ne sont pas superposables et que les valeurs phoriques en VP avec le verre de +2,50D sont plus négatives.

d- Mesure du PPA :

Pour chaque patient, la mesure du PPA a été faite en monoculaire puis en binoculaire.

Parmi les 45 sujets testés, tous avaient un PPA « normal » pour l'âge.

On a obtenu une moyenne de 8,57 cm pour le PPA monoculaire et 8,43 pour le PPA binoculaire. La différence obtenue entre les valeurs monoculaires et binoculaire n'est pas significative.

4. Discussion :

Nous allons maintenant analyser les résultats obtenus lors de notre étude.

Cependant plusieurs paramètres modèrent la fiabilité de l'étude :

- les mesures ont été faites dans deux boxes d'orthoptie différents (Hôpital Edouard Herriot et Hôpital de la Croix Rousse) ; ce qui entraîne des conditions d'examens différentes (éclairage différent, échelle d'AV différente)
- les sujets ont été testés à des moments différents de la journée ; certains terminaient une journée de cours, alors que d'autres commençaient leurs journées. En fin de journée, les sujets présentaient plus de signes fonctionnels que ceux testés le matin.

Rappelons notre problématique : Quelle est l'influence de l'accommodation sur l'équilibre oculomoteur ?

a- Variation phorique :

En mesurant la variation phorique de chaque patient, nous nous sommes rendus compte que plusieurs cas de figure se présentaient :

- Sujets dans la norme en VP (exophorie entre -1 ET -6D) avec une variation phorique significativement linéaire. Ces sujets présentaient généralement peu de signes fonctionnels. Leur équilibre binoculaire est intact.

- Sujets dans la norme en VP avec une variation phorique non linéaire (exemple du sujet 2 ci-dessus). Ces sujets présentaient plus de signes fonctionnels : difficulté de passage loin/près ou près/loin, somnolence en fin de journée, céphalées.
Pour ces sujets, la variation d'accommodation par interposition de sphères modifie l'équilibre binoculaire.
Une rééducation sera à envisager pour faciliter la flexibilité de l'accommodation : rock accommodatif par exemple.

- Sujets orthophoriques ou ésophoriques (45% des sujets) : ces sujets présentent des signes fonctionnels plus importants. Leur équilibre binoculaire est fortement perturbé en VP.
Il faudra tout d'abord s'assurer de la bonne correction optique portée, en demandant un skiacol si possible ; avant d'envisager une rééducation ou une addition en VP.

- Sujets avec une exophorie supérieure à -8D et aucune variation phorique (3 sujets sur 45 ; exemple du sujet 3 ci dessus). On peut en conclure que leur relation accommodation/convergence est surtout motrice.

En pratique libérale, comment différencier ces cas ?

La mesure de la phorie en VP ne change pas ; on pourrait rajouter les examens suivants :

- la mesure de la phorie avec +2,00D
- la mesure de la phorie avec -2,00D

Ceci nous donnerait une idée de la variation phorique, et nous indiquerait si la synergie accommodation/convergence fonctionne bien.

b- Esophories :

La mesure de la phorie avec +1,00D montre une diminution de l'ésophorie chez tous les ésophores.

3 sujets sur 10 retrouvent une valeur phorique « normale », à savoir une exophorie. Cela signifie qu'en faisant désaccommoder le sujet en VP, il retrouve un équilibre oculomoteur efficace. Pour ces sujets, le choix de l'addition en VP peut s'avérer justifié.

50% des sujets ont également retrouvé une valeur d'orthophorie avec le verre de +1,00D. Ces sujets sont moins sensibles aux sphères et le choix de la rééducation sera privilégiée.

En pratique libérale, comment choisir entre rééducation et addition VP pour les ésophores ? Il paraît important de mesurer la phorie VP avec +1,00D pour les ésophores ; ce qui permet de choisir entre addition en VP et rééducation afin de soulager les signes fonctionnels. Il faudra s'assurer au préalable que le sujet porte sa correction optique maximum convexe.

c- Comparaison Phorie VL vs Phorie VP avec +2,50D :

En théorie, la phorie que l'on mesure en VL ne fait pas intervenir l'accommodation. Quand on mesure la phorie en VP grâce à l'aile de Maddox, le sujet fixe le 0 sur l'aile et donc accommode, en théorie, de 2,50D. Si on rajoute un verre de +2,50D, on fait, en théorie, désaccommoder le sujet de 2,50D et on pourrait donc s'attendre à retrouver la valeur de la phorie de VL.

Les résultats obtenus montrent que ce n'est pas le cas. On retrouve dans 100% des cas une phorie VP avec +2,50 plus concave que celle en VL.

La convergence requise pour fixer le 0 de l'aile de Maddox influence t-elle la valeur de la phorie ? On sait par ailleurs que l'aile de Maddox dissocie plus que la baguette de Maddox. Il est difficile pour nous d'expliquer ces valeurs.

En pratique libérale, il n'y a pas beaucoup d'intérêt d'établir cette comparaison. Il s'agissait plus d'une réflexion et d'une curiosité personnelle !

d- Mesure du PPA :

La mesure de l'amplitude d'accommodation permet de vérifier l'intégrité de l'accommodation du sujet.

100% de nos sujets testés ont une amplitude d'accommodation dans les limites normales pour leur âge.

Si un patient a une amplitude inférieure au minimum requis, il sera suspecté de déficience accommodative.

La méthode du PPA est facile, rapide et nécessite un matériel restreint. C'est un test facilement réalisable en pratique libérale.

5. Conclusion :

La variation phorique testée pour chaque patient nous montre que l'interposition de sphères modifie l'équilibre binoculaire.

Ainsi nous pouvons conclure que l'accommodation influence de façon importante l'équilibre oculomoteur. Il sera donc important de tester l'accommodation en bilan orthoptique.

Plusieurs tests peuvent être ajoutés dans notre bilan orthoptique afin de diagnostiquer un éventuel dysfonctionnement de l'accommodation.

Voici l'exemple d'un bilan orthoptique d'un patient se présentant au cabinet avec des signes fonctionnels :

- Interrogatoire
- Réfraction avec mesure de l'AV
- Lang
- Examen sous écran
- PPC
- Mesure de la phorie VL au Maddox
- Mesure de la phorie VP à l'aile de Maddox

- **Mesure de la phorie VP avec +2,00D**
- **Mesure de la phorie VP avec -2,00D**
- **Si le sujet est ésophore en VP, mesure de la phorie VP avec +1,00D**
- **PPA**
- Vergences aux prismes
- Synoptophore

Si le sujet présente des signes fonctionnels et une variation phorique non linéaire, cela signifie que la variation d'accommodation par interposition de sphères modifie l'équilibre binoculaire.

Une rééducation sera à envisager pour faciliter la flexibilité de l'accommodation : rock accommodatif par exemple.

Si le sujet est ésophore et que l'interposition de +1,00D permet au sujet de retrouver une phorie « dans les normes », l'addition en VP sera privilégiée.

L'élaboration de ce mémoire nous montre que l'accommodation est un facteur fluctuant et qu'il n'est pas facile de connaître parfaitement la valeur accommodative que le sujet met en jeu à chaque fixation.

Mesurer l'accommodation lors du bilan orthoptique permet donc de diagnostiquer un dysfonctionnement de l'accommodation et d'orienter le choix de rééducation pour soulager les signes fonctionnels du patient.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] E.Beaubert, F.Pariguet, S.Taboulot. Manuel de l'opticien ; Anatomie – Physiologie – Pathologie – Réfraction – Presbytie et vision binoculaire p.39-65. MALOINE. 2^{ème} édition
- [2] Delphine Moulin – Laure Baslé. Vision de près, Tome 2. Université Paris Sud, 2001-2002
- [3] Delphine Moulin – Laure Baslé. Testing de la vision binoculaire, Tome 2. Université Paris Sud, 2001-2002
- [4] Daniel Claeys, orthoptiste. L'accommodation ; formation AFO 2015-11-26. Marseille 04/06/2015
- [5] Béatrice Cochener, Catherine Albou-Ganem, Gilles Renard. Presbytie p.3-12. ELSEVIER-MASSON Rapport 2012
- [6] Dominique Barraud-Crouzet. Proximètre et accommodation. Revue Francophone d'orthoptie Mars 2008 p.51-52. ELSEVIER MASSON Volume 1. N°1
- [7] Jean-Pierre Bonnac, Annie Sabiani. Mesure de l'amplitude d'accommodation à l'aide du Proximètre p.121-123. Revue Francophone d'orthoptie Juillet/Septembre 2012.ELSEVIER MASSON Volume 5. N°3
- [8] Marie-Claude Sagot-Beauvais. Les stéréogrammes p.181-182. Revue Francophone d'orthoptie Décembre 2010. ELSEVIER MASSON Volume 3. N°4
- [9] Marie-France Clenet. Apport de l'orthoptie dans l'activité de lecture. Revue Francophone d'orthoptie Mars 2008 p.51-52. ELSEVIER MASSON Volume 1. N°1

- [10] Annette Spielmann. Les strabismes, de l'analyse clinique à la synthèse chirurgicale p.38-42. MASSON, 2^{ème} édition, 1991
- [11] ESSILOR. Réfraction pratique. Les cahiers d'optique oculaire. Varilux University,
- [12] ESSILOR. Les nouveaux verres ophtalmiques pour la vie connectée. Points de vue, the International Review of Ophtalmic Optics. N°72, Automne 2015
- [13] Damien Gatinel. [Recherche / Education](#) » [Le cristallin](#) » Accommodation. [En ligne]
<http://www.gatinel.com/recherche-formation/le-cristallin/accommodation/>
- [14] J.-L. Bourges, G. Renard. Accommodation : un ou des mécanismes ?. [En ligne]
http://www.em-consulte.com/em/SFO/rapport/file_100010.html
- [15] Paul Jean. Presbytie. [En ligne]
<http://p.jean2.pagesperso-orange.fr/Cours/Presbyt/presbyt.htm>

ANNEXES

Tableau récapitulatif des variations phoriques des 45 patients :

	-2	-1	0	1	2
Sujet 1	0	0	-2	-4	-4
Sujet 2	0	-0,5	-2	-2	-3
Sujet 3	-10	-11	-8	-10	-11
Sujet 4	1,5	0	1	0	-1,5
Sujet 5	5	1	-2,5	-1,5	-1
Sujet 6	5	6	-4	-6	-7
Sujet 7	1	-2	0	0	-1
Sujet 8	11	7	3	0	-4
Sujet 9	4	0	0	-1	-3
Sujet 10	15	13	7	6	5
Sujet 11	-3	-6	-4	-8	-10
Sujet 12	3	2	-2	-2	-3
Sujet 13	-14	-18	-18	-18	-20
Sujet 14	3	0	0	-2	-4
Sujet 15	9	5	0	0	-2
Sujet 16	3	-2	0	-2	-6
Sujet 17	4	0	0	-4	-8
Sujet 18	5	4	2	0	-2
Sujet 19	0	0	-2	-3	-6
Sujet 20	-2	-4	-4	-10	-12
Sujet 21	-2	-4	-2	-4	-6
Sujet 22	9	7	5	3	3
Sujet 23	3	1	-2	-4	-4
Sujet 24	6	4	3	0	-2
Sujet 25	4	0	0	-2	-3
Sujet 26	-12	-14	-8	-10	-14
Sujet 27	-3	-6	-5	-7	-9
Sujet 28	-4	-6	-4	-6	-10
Sujet 29	6	4	2	-1	-3
Sujet 30	6	2	1	-4	-8
Sujet 31	-2	-4	-6	-8	-8
Sujet 32	3	-1	0	-3	-6
Sujet 33	-3	-5	-5	-5	-8
Sujet 34	0	-3	-2	-3	-4
Sujet 35	7	4	2	-1	-2
Sujet 36	0	-3	-3	-5	-5

Sujet 37	-4	-6	-3	-6	-8
Sujet 38	0	-4	-1	-3	-6
Sujet 39	0	0	0	-2	-6
Sujet 40	9	7	4	0	-4
Sujet 41	-3	-4	-3	-5	-6
Sujet 42	0	-2	-2	-3	-5
Sujet 43	-4	-8	-6	-8	-12
Sujet 44	-6	0	0	-1	-4
Sujet 45	-1	-3	-2	-3	-4
Moyenne Sujets	1,10	-1,10	-1,61	-3,52	-5,50
Moyenne Sujets norme	2,39	0,39	-1,61	-3,61	-5,61

Tableau récapitulatif des phories VL vs phories VP avec +2,50D :

VL	VP +2,50
0	-4
0	-3
0	-11
0	-2
-1	0
1	-7
4	-1
0	-6
0	-3,5
5	3
0	-12
0	-4
-5	-18
2	-2
4	-4
1,5	-8
0	-9
4	-4
4	-8
-2	-14
-2	-8
8	3
1	-6
1	-4
0	-5
-3	-18

0	-12
0	-12
4	-5
2	-8
-1	-10
0	-8
-1	-8
0	-6
0	-5
0	-6
4	-10
0	-9
0	-8
0	-6
-1	-7
-1	-7
-3	-16
0	-5
0	-4

Date de naissance		
	$A_{max} = 15 - (\text{âge} / 4) =$	
Œil directeur		
Signes fonctionnels		
Ecart pupillaire		
Lunettes portées	OD : OG :	
Ticket Réfracto	OD : OG :	
Réfraction subjective	OD : OG :	
Maddox VL		
Aile de Maddox VP	+1,00D : +2,00D : +2,50D : -1,00D : -2,00D :	
PPA	OD : OG :	
Convergence Divergence	C : C' :	D : D' :
Stéréogramme	Distance de à	

XLSTAT 2016.02.28430 - Tests t et z pour un échantillon - Début : 22/05/2016 à 09:02:45
Données : Classeur = Classeur1 / Feuille = Feuil1 / Plage = Feuil1!\$I\$35:\$J\$40 / 5 lignes et 2 colonnes
Moyenne théorique : 0
Niveau de signification (%) : 5

Statistiques descriptives :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	M
Moyenn calculée	5	0	5	-5,500	1,100	
moyenne théorique	5	0	5	-5,610	2,390	

Test z pour un échantillon / Test bilatéral (Moyenn calculée) :

Intervalle de confiance à 95% autour de la moyenne :
] -4,320 ; 0,068 [

Différence	-2,126
z (Valeur observée)	-1,900
z (Valeur critique)	1,960
p-value (bilatérale)	0,057
alpha	0,05

Interprétation du test :

H0 : La différence entre les moyennes est égale à 0.

Ha : La différence entre les moyennes est différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil alpha=0,05, on ne l'hypothèse nulle H0.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 5,75%.

Test z pour un échantillon / Test bilatéral (moyenne théorique) :

Intervalle de confiance à 95% autour de la moyenne :
] -4,382 ; 1,162 [

Différence	-1,610
z (Valeur observée)	-1,138
z (Valeur critique)	1,960

<i>critique)</i>	
<i>p-value</i>	
<i>(bilatérale)</i>	0,255
<i>alpha</i>	0,05

Interprétation du test :

H0 : La différence entre les moyennes est égale à 0.

Ha : La différence entre les moyennes est différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne l'hypothèse nulle H0.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 25,49%.

Synthèse :

<i>Variable \ Test</i>	<i>z</i>
<i>Moyenn</i>	
<i>calculée</i>	0,057
<i>moyenne</i>	
<i>théorique</i>	0,255