

Université de Nantes  
UFR de Médecine et Techniques médicales  
Années universitaires 2017-2020

Mémoire pour l'obtention du  
Certificat de Capacité d'Orthoptiste

**Strabisme divergent intermittent et GazeLab® :  
mise en place d'un protocole de mesures angulaires**

Présenté par

**Marion ETIENNE**

Née le 28/03/2000

**Léa SALMON**

Née le 08/08/1996

Soutenu le 26/06/2020

Directeur du mémoire : Dr P. LEBRANCHU

## **Remerciements**

Nous tenons à remercier toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de ce mémoire :

A notre directeur de mémoire, Dr LEBRANCHU, pour sa disponibilité, ses conseils et son aide.

Au Dr COURET, pour ses recommandations sur l'approche statistique des résultats.

Au Dr FOSSUM, pour le partage d'articles scientifiques renforçant notre instruction.

Aux ophtalmologistes strabologues : Dr COURET, Dr LEBRANCHU, Dr LEMEUR, Pr PECHEREAU et aux orthoptistes : Mme DENIS, Mme GIRAUD, Mme HUET, Mr KONIG, Mr LASSALLE, Mr LEHUEDE, Mr WENDEL, pour avoir autorisé la réalisation de GazeLab<sup>®</sup> au cours de leurs consultations.

Aux patients, pour leurs accords à participer à cette étude.

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	4
<b>Partie 1 : cadre théorique</b> .....	5
1. Strabisme divergent intermittent (SDI) .....	5
1.1. Définition, caractéristique et physiopathologie .....	5
1.2. Tableau clinique.....	6
1.3. Bilan d'une exotropie intermittente.....	6
1.4. Prise en charge orthoptique et chirurgicale .....	10
2. Méthodes de mesures des angles de déviation du SDI .....	10
2.1. ESE.....	10
2.2. GazeLab® .....	11
<b>Partie 2 : cadre pratique</b> .....	12
1. Méthodologie.....	12
1.1. Population de l'étude .....	12
1.2. Matériels utilisés.....	13
1.2.1. TNO, ESE, +3,00 dioptries.....	13
1.2.2. GazeLab® .....	13
1.3. Procédures .....	15
1.3.1. Essais protocolaires.....	15
1.3.2. Protocole final .....	17
1.4. Recueil des données .....	19
2. Résultats.....	20
2.1. Répartitions de la population .....	20
2.2. Test de Wilcoxon et moyennes des différences .....	24
2.3. Incertitudes relatives .....	27
<b>Discussion</b> .....	31
<b>Conclusion</b> .....	34
<b>Bibliographie</b> .....	35
<b>Annexe</b> .....	36

## Introduction

Le strabisme divergent intermittent est le plus fréquent des strabismes divergents. Il se caractérise par une divergence permanente dont la compensation est intermittente [1].

En raison de la présence de puissants mécanismes compensatoires, ce strabisme peut parfois être imperceptible. Cependant, différents facteurs peuvent fragiliser cette compensation : le patient alterne donc entre des phases phoriques et tropiques.

C'est là où réside toute la difficulté d'examiner ce strabisme particulier. En effet, plusieurs valeurs d'angle peuvent être mesurées selon la distance du test, le moment de la journée, ou encore l'état de santé général du patient.

Différents moyens manuels plus ou moins efficaces sont apparus au cours du temps pour étudier les strabismes divergent intermittents. Mais dernièrement, des avancées ont permis le développement de méthodes modernes d'examen s'appuyant exclusivement sur la technologie. Il est donc pertinent de comparer les résultats obtenus avec ces deux méthodes.

L'objectif de ce mémoire est d'établir un protocole de mesures des angles de déviation du strabisme divergent intermittent au GazeLab®.

Dans un premier temps, nous rappellerons les caractéristiques du strabisme divergent intermittent ainsi que les différents procédés utilisés pour son analyse.

Dans un second temps, nous présenterons le protocole mis en place au GazeLab® accompagné de ses résultats.

Pour finir, nous analyserons les données recueillies.

# Partie I: cadre théorique

## 1. Strabisme divergent intermittent

### 1.1. Définition, caractéristiques et physiopathologie

On entend par le mot « strabisme » une déviation, patente ou latente, des axes visuels. C'est un défaut de parallélisme des deux yeux. Dans le cadre des déviations horizontales, deux qualificatifs sont utilisés pour les caractériser:

- les déviations dites « convergentes » quand l'un des axes visuels est dévié en dedans, vers le nez.
- à l'inverse, on trouve les déviations dites « divergentes » quand l'un des axes visuels est dévié en dehors, vers la tempe.

On note plusieurs facteurs pouvant induire une exodéviaton:

- la position anatomique des globes oculaires
- le tonus vergentiel : force de base délivrée aux muscles oculomoteurs pour leur permettre de maintenir les globes dans une position excentrée. Lutte contre les forces osmo-élastiques qui les ramènent dans leur position de repos anatomique.

Après avoir qualifié le sens de déviation des axes, il est nécessaire de qualifier la constance de la déviation. Pour la plupart des strabismes, la déviation est patente: visible en permanence. Mais pour certains types de strabisme, la déviation apparaît de façon intermittente. L'angle de déviation varie ainsi au cours du temps, souvent même au cours de la journée.

Dans le cas du SDI (Strabisme Divergent Intermittent), la vergence accommodative (induite par la focalisation cristallinienne), proximale (induite par la perception égocentrique des distances) et fusionnelle (induite par la disparité rétinienne) viennent compenser de façon plus ou moins efficace les effets des deux facteurs induisant une exodéviaton cités ci-dessus [2].

Les strabismes divergents intermittents sont donc des strabismes caractérisés par une déviation variable au cours du temps des axes visuels en dehors.

Attention cependant: comme dans tous les strabismes, la déviation est constante chez un patient présentant un SDI. C'est seulement la compensation de la déviation qui est variable, ce qui induit l'utilisation de l'adjectif « intermittent » pour parler de ces strabismes.

## 1.2. Tableau clinique

Dans le tableau clinique des exotropies intermittentes, la présence de signes fonctionnels est variable, ils peuvent même être absents. On retrouve cependant généralement :

- la fermeture d'un œil
- une asthénopie
- une diplopie à la fatigue
- des troubles de la lecture, difficultés de retour à la ligne

L'interrogatoire doit faire préciser au patient et/ou aux accompagnants l'intermittence de la déviation, la qualité de la compensation, la régularité du port de la correction optique (s'il y en a une), les circonstances de passage en divergence.

Il est aussi important de rechercher le ressenti du patient, l'influence qu'a son strabisme sur sa qualité de vie. On essaiera également de faire ressortir les facteurs qui conduisent selon lui à une majoration/décompensation de sa déviation.

## 1.3. Bilan d'une exotropie intermittente

### **Bilan sensoriel :**

Il est primordial de commencer par l'examen sensoriel de la vision du patient, afin d'éviter les effets indésirables d'une possible décompensation. On étudiera la vision stéréoscopique avec des tests normés et on privilégiera l'utilisation du TNO. En effet, « gold standard » de la vision stéréoscopique, le TNO est le test le plus fiable et le plus précis pour la mesure de la stéréoscopie [3]. On peut déduire des résultats de ce test l'état et la qualité de la vision binoculaire du patient.

La compensation étant parfois très fragile chez certains patients, il convient de réaliser ces tests le plus tôt possible lors de la consultation. L'étude de la vision sensorielle est très importante: elle donne une indication sur la qualité de vie du patient, et est utile au chirurgien pour poser ou non une indication opératoire.

Il est relativement courant chez les patients présentant un SDI de retrouver une bonne vision stéréoscopique, allant souvent jusqu'à 30 secondes d'arc. Le caractère intermittent de ces exotropies permet une expérience visuelle binoculaire normale pendant la première année de vie, et donc une maturation normale des circuits corticaux impliqués dans la vision binoculaire.

L'acuité visuelle est fréquemment de bonne qualité. En général, le caractère intermittent de la déviation n'induit pas d'amblyopie.

Il n'y a pas d'amétropies particulièrement décrites dans ce syndrome, tous les cas de figure sont envisageables.

## **Bilan moteur :**

Comme nous l'avons expliqué précédemment, la caractéristique principale du strabisme divergent intermittent est la variabilité de sa compensation. C'est cette variabilité qui peut être contraignante lors de l'examen moteur du strabisme. Néanmoins, il existe plusieurs méthodes qui permettent de l'évaluer.

Le premier élément à observer chez le patient est la valeur de son angle minimum de déviation.

Cette observation se fait dès l'accueil du patient en salle d'attente. Il est utile d'observer le patient dans un lieu autre que celui de la salle de consultation, dans un espace où il ne se sent pas observé, dans un cadre détendu. Cet examen sans aucun matériel peut être d'une grande indication.

Après cette première constatation, l'opérateur peut commencer l'examen de l'angle minimal à proprement dit. Deux techniques sont principalement utilisées :

- méthode d'évaluation quantitative aux reflets, dite « d'Hirschberg » : méthode basée sur l'analyse de la position des reflets cornéens après éclaircissement des yeux du sujet avec une source lumineuse. On admet généralement que si le reflet est au bord de la pupille, la déviation est de l'ordre de 30 dioptries, contre 60 dioptries si le reflet est au bord de l'iris. L'inconvénient de cette méthode est son caractère très examinateur-dépendant, et donc sa grande subjectivité et sa faible reproductibilité.
- méthode d'évaluation par un examen sous écran unilatéral (détaillée dans la partie 2.1 ESE)

Il faut également tenir compte des données antérieurement acquises lors de l'observation du patient et du bilan sensoriel. En effet, un patient présentant une vision du relief ne peut physiologiquement pas être en tropie de près. Même si la décompensation est importante et le réalignement des axes visuels difficile voire impossible après une première dissociation, la présence d'une vision stéréoscopique signe obligatoirement une situation d'orthoporie au moins en vision de près.

Une fois l'angle minimal évalué, mesuré, on peut passer à la mesure de l'angle maximal. La technique la plus communément utilisée pour étudier cet angle est la mesure à l'examen sous écran alterné (détaillée dans la partie 2.1 ESE).

L'étude de l'angle minimum et maximum doit bien sûr être effectuée en vision de loin comme en vision de près.

Dans le dossier du patient, il est pertinent d'ajouter, en plus des valeurs numériques de la déviation, des observations manuscrites sur le contrôle de la déviation. Pour évaluer ce contrôle, l'opérateur peut annoter des remarques telles que : " compensation médiocre en vision de loin", "très bonne restitution en vision de près".

Il peut également recourir à des scores de contrôle [4]. Les deux principaux sont :

- le score de Newcastle (figure 1) : calculé à partir de plusieurs paramètres : une évaluation subjective (évaluation de sa déviation par le sujet lorsqu'il est à son domicile), et une évaluation objective (évaluation clinique réalisée par le professionnel).

Contrôle à domicile. Exotropie ou fermeture monoculaire visible (entourer le score approprié)	
Jamais	0
<50 % du temps en vision de loin	1
>50 % du temps en vision de loin	2
>50 % du temps en vision de loin + et parfois de près	3
Contrôle en consultation (entourer le score approprié)	
<i>De près</i>	
Réalignement immédiat après dissociation	0
Réalignement avec un clignement ou effort de refixation	1
Déviatation manifeste après dissociation/fixation prolongée	2
Manifeste spontanément	3
<i>À distance</i>	
Réalignement immédiat après dissociation	0
Réalignement avec un clignement ou effort de refixation	1
Déviatation manifeste après dissociation/fixation prolongée	2
Manifeste spontanément	3
Score total : score à domicile + en consultation (de près + à distance).	

Figure 1. Score de Newcastle [4]

- le score de Mohney (figure 2) : basé uniquement sur l'examen clinique de la partie motrice du strabisme, il est donc entièrement déterminé par l'examineur.

5 = Exotropie constante
4 = Exotropie > 50 % du temps de l'examen avant dissociation
3 = Exotropie < 50 % du temps de l'examen avant dissociation
2 = Pas d'exotropie sauf après dissociation, réalignement en plus de 5 secondes
1 = Pas d'exotropie après dissociation, réalignement en 1–5 secondes
0 = Pas d'exotropie après dissociation, réalignement en moins de 1 seconde (phorie)
Cette échelle est appliquée à chaque patient pour la fixation de loin et de près, dont les scores additionnés donnent un score de contrôle global de 0 à 10. Les niveaux 5 à 3 sont évalués durant une période initiale d'observation de 30 secondes. Les niveaux 2 à 0 sont gradés comme le plus mauvais de 3 essais se succédant rapidement. Un écran est placé devant l'œil droit pendant 10 secondes puis enlevé, et alors on mesure le temps nécessaire pour que la fusion soit rétablie. L'œil gauche est alors occlus pendant 10 secondes et le temps de rétablissement de la fusion est mesuré de la même façon. Une troisième occlusion de 10 secondes est réalisée, en couvrant l'œil pour lequel le temps de rétablissement de la fusion était le plus long. Le plus mauvais niveau observé au cours de ces trois occlusions successives de 10 secondes est enregistré pour cette visite. Si le patient a une micro-ésotropie lors de la mesure de l'angle minimal mais une exotropie à l'écran alterné, l'échelle s'applique à l'exodéviatation.

Figure 2. Score de Mohney [4]

Lors de la lecture du dossier par d'autres professionnels, ces annotations permettent d'identifier plus précisément le strabisme du patient qu'avec simplement des valeurs numériques.

Dans la majorité des cas, le bilan oculomoteur ne se limite pas à l'examen sous écran alterné pour trouver l'angle maximal des exotropies intermittentes. En effet, certains patients possèdent des capacités de compensation très fortes. Pour les déjouer, l'opérateur utilise donc des tests de décompensation.

Les deux principaux tests de décompensation sont [4] :

- l'utilisation d'une surcorrection de +3.00 dioptries, qui interfère avec la convergence accommodative (décrite dans la partie 2.1 ESE).
- la réalisation de l'épreuve de Burian-Marlow, qui consiste à occlure totalement un œil pendant une durée allant de quelques heures, dans le cas le plus classique, à une journée entière. Cette occlusion prolongée supprime la convergence fusionnelle. La levée de cette épreuve s'effectue selon un protocole bien précis. Muni d'un cache pour réaliser un cover test alterné, l'opérateur doit particulièrement faire attention à ne pas laisser le patient dans une situation de vision binoculaire, ce qui annulerait tout le bénéfice de l'épreuve.

Ainsi, l'examen moteur d'un strabisme divergent intermittent peut être biaisé par de nombreux facteurs physiologiques, mais également par l'état physique et émotionnel du patient ainsi que sa concentration lors de la consultation. Les valeurs mesurées sont donc ponctuelles et peuvent tout à fait varier d'une consultation à l'autre. Il faut donc prêter attention à la globalité du dossier.

#### **Classifications:**

A partir des mesures et des observations faites lors du bilan orthoptique, plusieurs classifications ont été élaborées. La plus connue est celle de Burian [4]. Elle permet de classer les strabismes divergents intermittents en quatre catégories selon les incomitances de la déviation entre la vision de loin et la vision de près :

- classique : déviation de près égale à la déviation de loin
- insuffisance de convergence : déviation de près supérieure d'au moins dix dioptries à la déviation de loin.
- excès de divergence : déviation de loin supérieure d'au moins dix dioptries à la déviation de près.
- pseudo-excès de divergence : divergence de loin supérieure à la divergence de près initialement, mais on observe une inversion après occlusion monoculaire.

#### **1.4. Prise en charge chirurgicale et orthoptique**

Dans les cas de strabismes divergents intermittents, la chirurgie est proposée en cas de gêne esthétique majeure et/ou si les signes fonctionnels s'aggravent et deviennent difficiles à supporter par le patient.

La prise en charge orthoptique, comme le fait de renforcer la capacité à converger, peut également être envisagée.

## 2. Méthodes de mesures des angles de déviation du strabisme divergent intermittent

### 2.1. ESE

Lors du bilan oculomoteur, l'examen sous écran ou cover-test est la méthode de référence pour mettre en évidence une déviation oculaire. Une fixation centrée et une bonne coopération du patient sont nécessaires pour que celui-ci puisse maintenir sa fixation sur un optotype présenté en vision de loin (5m) puis en vision de près (40cm). Muni d'un cache et d'une barre de prismes, l'examineur réalise cet examen en deux temps : l'examen sous écran unilatéral et l'examen sous écran alterné.

L'examen sous écran unilatéral doit être accompli en premier. L'objectif est de qualifier la déviation oculaire selon son type (phorie, tropie) et son sens (convergence, divergence, vers le haut, vers le bas) [5]. Dans notre étude, nous recherchons des déviations divergentes. En cas de tropie, l'examineur cache un œil et observe un mouvement de refixation vers la cible de l'autre œil découvert. Lorsqu'il s'agit d'une exotropie, ce mouvement de refixation est réalisé de la tempe vers le nez. En cas de phorie, l'examineur cache un œil et observe une déviation de l'œil derrière le cache (si celui-ci est translucide) puis un mouvement de refixation de ce même œil à la levée du cache. Lorsqu'il s'agit d'une exophorie, l'œil derrière le cache dévie vers la tempe et reprend la fixation en réalisant un mouvement de la tempe vers le nez au retrait du cache.

L'angle de base du strabisme est obtenu par cette manœuvre unilatérale alliée à la barre de prismes. Pour une exotropie, la barre de prismes horizontale est placée devant l'œil dévié : sommet du prisme vers la tempe. Le cache mis sur l'œil fixateur, l'examineur réalise un écran unilatéral jusqu'à parvenir à la valeur du prisme correcte. L'œil dévié n'effectue plus de mouvement de refixation : l'angle minimal est trouvé.

L'examen sous écran alterné dissocie fortement le couple oculaire. Cette manœuvre consiste à cacher alternativement un œil puis l'autre sans laisser de réassociation binoculaire [5]. L'examineur doit contrôler le mouvement de refixation de l'œil derrière la barre de prisme au passage du cache d'un œil à l'autre. La barre de prismes horizontale est placée sommet du prisme vers la tempe pour une exophorie ou exotropie. La déviation est compensée en l'absence de mouvement de refixation : l'angle maximal est obtenu.

Dans le cas d'un strabisme divergent intermittent, la fréquence d'alternance du cache doit être lente. Chaque œil doit être caché plusieurs secondes à chaque fois afin de minimiser l'action des mécanismes compensatoires.

Associée à l'examen sous écran alterné en vision de près, la sur-corrrection optique de +3.00 dioptries majore très souvent l'angle de près dans les strabismes divergents intermittents. En effet, l'ajout d'un verre de +3.00 dioptries devant chaque œil, portant la correction optique totale, permet de neutraliser le facteur accommodatif et donc le mouvement de vergence physiologiquement induit.

## 2.2. GazeLab®

En 2012, l'entreprise espagnole Bcn Innova commercialise un nouveau système de mesures du strabisme : le GazeLab®. Cet appareil est apposé du marquage CE et certifié selon les normes ISO9001 et ISO13485.

Projet édifié par le Dr. PRAT, le GazeLab® est un vidéo-oculographe qui permet d'évaluer objectivement les déviations oculaires dans des conditions physiologiques non-dissociantes [6]. Son utilisation est également possible pour recueillir des données pupillographiques et nystagmographiques.

Le GazeLab® s'appuie sur un procédé optique de suivi pupillaire nommé tracking. Ce système non invasif doit être installé sur la tête du patient comme des lunettes. Il est composé d'un système de projection laser et de deux caméras infra-rouges (figure 3). L'emplacement des caméras, de part et d'autre de la tête, est convenu pour ne pas perturber la vision du patient. C'est grâce à un système de miroir en cristal clair, nommé Magic Mirror, [6] que les caméras peuvent enregistrer les mouvements des yeux. Le tout est relié à un ordinateur pour acquérir les mesures sur un logiciel spécifique.

Le laser projette un pattern sur un écran mobile permettant de mesurer les déviations oculaires dans les 9 positions du regard. Pour mesurer la déviation en position primaire, le patient doit fixer le point rouge central. Nous disposons d'un cache pour couvrir chacun des deux yeux et d'une télécommande pour prendre les mesures (figure 4).

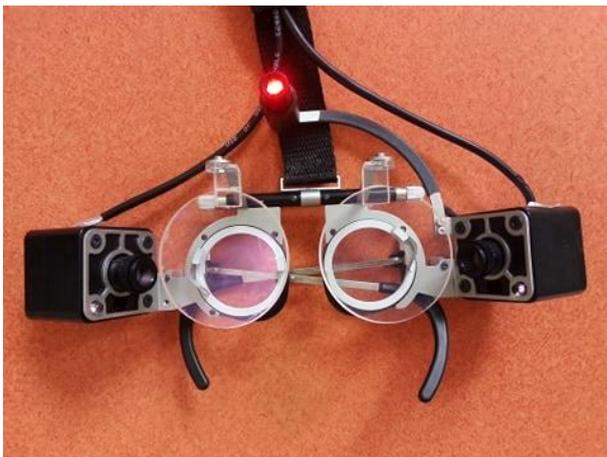


Figure 3. Lunettes composées d'un système de projection laser, de deux caméras infra-rouges et de miroirs en cristal clair



Figure 4. Cache et télécommande

## **Partie 2: cadre pratique**

### **1. Méthodologie**

#### **1.1. Population de l'étude**

Le recrutement des patients a eu lieu au service ophtalmologique du CHU Nantes, au cours des consultations avec un strabologue et/ou un orthoptiste. L'inclusion a commencé le 23/04/2019 et s'est terminée le 10/03/2020. A son terme, 24 patients âgés de 10 à 72 ans ont été recensés.

Il est indispensable que les patients correspondent aux critères de sélection de notre étude afin de la mener à bien. Nous avons donc établi les critères d'inclusion suivants :

- Patients présentant un strabisme divergent intermittent
- Patients âgés de plus de 10 ans
- Patients ayant donné leur accord oral pour les patients majeurs et ayant obtenu l'accord oral des tuteurs légaux pour les patients mineurs.
- Patients pourvus d'une acuité visuelle, la mieux corrigée, supérieure ou égale à 10/10 pour chaque œil.

Ainsi que les critères d'exclusion :

- Patients forts amblyopes
- Patients non coopérants
- Patients présentant une déviation verticale non négligeable (supérieure ou égale à 5 dioptries)
- Patients présentant une pathologie ophtalmologique affectant la motilité du couple oculaire.

## 1.2. Matériels utilisés

### 1.2.1. TNO, ESE, +3,00 dioptries

Le matériel utilisé lors de la consultation orthoptique, précédant notre protocole, est classique. Il correspond à la description que nous en avons faite précédemment.

Nous commençons toujours l'examen par un bilan sensoriel, avec une étude de la vision stéréoscopique. Celle-ci est effectuée à l'aide du test TNO, calibré jusqu'à 15 secondes d'arc, et toujours en premier afin de n'être pas biaisée ou faussée par une dissociation du couple oculaire.

Nous continuons avec le bilan moteur : étude de l'angle minimal et maximal en vision de loin puis en vision de près. L'étude de l'angle maximal se fait au cover test alterné, avec un temps de cache prolongé à chaque fois sur chacun des yeux, et un mouvement de poignet rapide pour passer d'un œil à l'autre. On terminera ce bilan par une mesure de la déviation en vision de près en incrémentant +3,00 dioptries à la correction du patient. On évalue ainsi l'évolution de la déviation sans le facteur vergentiel induit par l'accommodation.

### 1.2.2. GazeLab<sup>®</sup>

#### **Installation du patient :**

Le patient doit être assis sur une chaise, en face de l'écran mobile. L'opérateur met une charlotte sur la tête du patient, sur laquelle est apposé un élastique réglable pour attacher et stabiliser l'appareil de mesure grâce à un bouton-pression.

Deux petites molettes permettent de régler les écarts inter-pupillaires. L'opérateur place les verres correcteurs, correspondant aux équivalents sphériques du patient, dans les cerclages.

L'examen est réalisable en condition mésopique. En effet, l'éclairage de la pièce doit permettre une détection des pupilles par l'appareil de mesure et une bonne visibilité du pattern par le patient (figure 5).

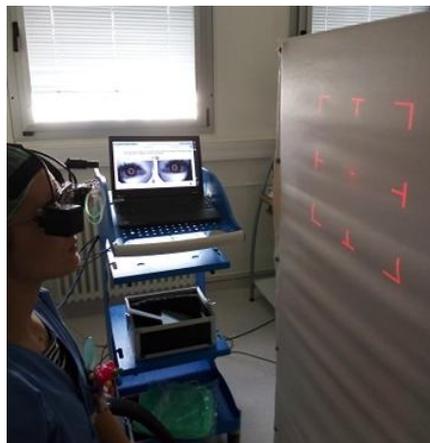


Figure 5. Exemple d'examen au GazeLab en cours de réalisation

### Prises de mesures :

Depuis l'ordinateur, l'opérateur doit se rendre sur le logiciel nommé Gazelab<sup>®</sup>. Une fois les données du patient complétées, il faut cliquer sur « New test », « Strabismus » puis « Accommodative test ». L'icône rouge du logiciel permet de déclencher l'examen.

La première partie de l'examen concerne les mesures en vision de loin en position primaire. Le patient devant fixer le point central du pattern projeté sur l'écran mobile placé à 4m.

La deuxième partie de l'examen concerne les mesures en vision de près en position primaire. Le patient devant fixer le point central du pattern projeté sur l'écran mobile placé à 40cm.

Avant chaque partie, un calibrage est réalisé. L'opérateur doit suivre les indications vocales et celles apparaissant sur l'écran.

Dans le protocole standard appliqué au CHU de Nantes, l'observateur prend les trois mesures suivantes : binoculaire, œil droit caché 4s et œil gauche caché 4s pour les deux parties de l'examen. Le protocole utilisé dans le cadre de notre étude fait l'objet de la partie Procédures (page 17).

Le recueil des mesures est possible grâce à une télécommande (figure 6) composée de 4 boutons. Le bouton du bas (1) prend les mesures binoculaires. Le bouton de droite (2) prend les mesures quand l'œil droit est caché. Le bouton de gauche (3) prend les mesures quand l'œil gauche est caché. Le bouton du haut (4) actionne un pointeur laser rouge, servant par exemple à montrer au patient la localisation du point à fixer.



Figure 6. Télécommande et fonctions des boutons

### Résultats :

Deux fichiers sous format PDF apparaissent à la fin de l'examen. L'un correspond aux mesures effectuées en vision de loin (annexe 1), l'autre aux mesures effectuées en vision de près.

La première page de chaque fichier présente les données du patient, la distance du test, et les résultats du calibrage.

Les pages suivantes sont destinées aux résultats des mesures. Pour chaque type de mesure est associé une photographie des yeux, un graphique et les valeurs chiffrées (figure 7).

La représentation graphique est un repère orthonormé d'unité 10°. L'axe des abscisses correspond à la déviation horizontale en degré. L'axe des ordonnées correspond à la déviation verticale en degré. Ce graphique indique la position de chaque œil en degré: l'œil droit est représenté par la croix rouge et l'œil gauche par la croix verte.

Quatre cases joutent ce graphique. La première nous donne l'œil caché : aucun (NO), droit (R), gauche (L). La deuxième concerne l'œil fixateur : droit (R), gauche (L). Sur la troisième case figure la valeur de la déviation horizontale en dioptrie prismatique ainsi que son écart-type. Lorsque cette valeur est positive, il s'agit d'une déviation en convergence. Lorsque cette valeur est négative, il s'agit d'une déviation en divergence. La dernière case correspond à la déviation verticale en dioptrie prismatique ainsi que son écart-type. Une hauteur droite est matérialisée par le sigle R/L et inversement pour une hauteur gauche.

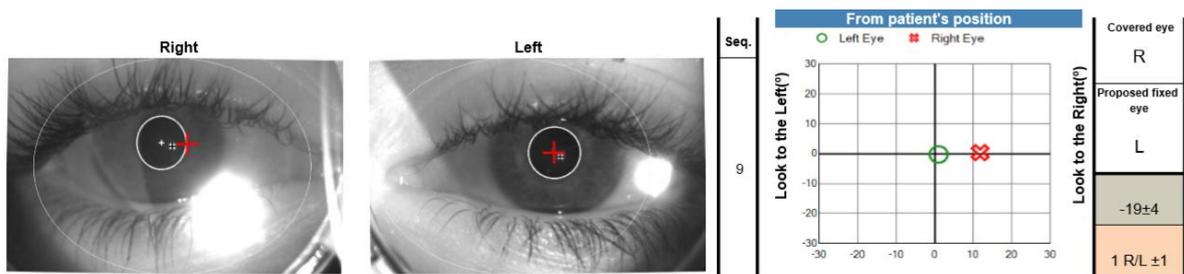


Figure 7. Exemple de résultat d'une mesure

### 1.3. Procédures

#### 1.3.1. Essais protocolaires

Nous avons déjà eu l'occasion d'examiner de nombreux strabismes avec le GazeLab<sup>®</sup>, en particulier lors de la thèse du Dr Fossum [7]. Mais les techniques d'exams pour les patients de notre base de données devaient différer de celles utilisées pour une tropie pure. Chaque protocole a été réalisé après le bilan orthoptique et avant toute dilatation pupillaire.

#### Premier protocole :

Pour ce premier essai au GazeLab<sup>®</sup>, notre démarche consistait à prendre les mesures en binoculaires, ainsi que les mesures monoculaires œil droit caché et œil gauche caché suivant un temps de cache croissant (4s, 15s, 30s et 1 minute). Cette procédure a été effectuée en vision de loin et en vision de près, avec donc un total de 16 mesures par patient.

Les buts de ce protocole étaient multiples. D'une part, nous avons voulu comparer l'influence que le temps de cache a sur la décompensation de l'angle strabique.

D'autre part, nous avons l'objectif de faire ressortir le temps de cache qui permettait d'obtenir la valeur la plus proche de l'angle maximal trouvé lors du bilan orthoptique.

Le nombre de participants pour ce premier protocole a été de quatre patients.

Cet examen requiert des qualités de fixation et de concentration nécessaires pour la bonne acquisition des mesures. Ce n'est pas tant la durée totale de l'examen qui était source de difficultés, mais davantage les temps de caches élevés (30s, 1min). En effet, le long maintien de la fixation sur la cible lumineuse était compliqué, particulièrement pour les enfants.

Ce premier protocole nous a permis de revoir nos critères d'inclusions. Pour nos prochains protocoles, nous avons donc décidé d'inclure des patients âgés de 10 ans au moins. Nous avons pris cette décision en tenant compte de l'évolution des capacités de concentration en fonction de l'âge, mais aussi de l'équipement de vidéo oculographie, ce dernier ayant un poids et une monture peu adaptés aux enfants.

### **Deuxième protocole:**

Il a aussi été élaboré dans le but de trouver l'angle maximal de déviation et de s'approcher au maximum des données du bilan orthoptique. Nous avons donc réalisé des mesures supplémentaires, en intégrant une sur-correction de +3.00 dioptries à l'équivalent sphérique du patient lors de l'examen en vision de près au GazeLab<sup>®</sup>. Ce qui revenait à diviser l'examen en vision de près en deux parties : une sans la sur-correction optique et l'autre avec la sur-correction optique.

Notre deuxième protocole a donc été construit sur les mêmes bases que le précédent. Nous commençons par la mesure en binoculaire, suivie des mesures monoculaires selon les temps de cache : 4s, 15s, 30s et 1 minute, de loin puis de près. Une fois que la première prise de mesures en vision de près était effectuée, nous ajoutons les +3.00 dioptries et nous reprenons des mesures avec les mêmes temps de cache : 4s, 15s, 30s, 1min.

Deux patients ont participé à ce deuxième essai.

Deux difficultés se sont imposées à nous lors de ce deuxième essai. La première était le temps total de réalisation de notre examen, compris entre 15 et 20 minutes. Comme dit précédemment, il est difficile de garder une fixation suffisamment qualitative durant des temps de cache élevés et répétés plusieurs fois, même pour un adulte. De plus, pour des raisons purement techniques, il était impossible de réaliser ce protocole dans son entièreté. Cet imprévu est la conséquence du temps imparti par le logiciel, soit une durée maximale de six minutes pour les mesures en vision de loin et de six minutes pour les mesures en vision

de près. Le temps imparti pour un examen au GazeLab® est donc de 12 minutes au maximum. En aucun cas nous n'avons eu la capacité d'aller au bout des mesures avec la surcorrection.

Le bilan que nous avons fait de ce deuxième protocole consistait surtout en l'analyse de l'évolution de la déviation en fonction des temps de cache. Nous avons constaté que la déviation n'augmente pas proportionnellement avec le temps de cache. Le temps d'occlusion permettant la décompensation la plus efficace semblait être les durées de 4 et 30 secondes. Les valeurs obtenues suite à ces deux durées d'occlusion étaient globalement similaires, malgré l'écart matériel important entre elles. Nous avons écarté le temps de cache d'une minute car nous avons parfois observé une diminution de l'angle de déviation à cette durée.

### **Troisième protocole :**

Après analyse des résultats, nous avons opté pour conserver les temps de cache de 4 et 30 secondes. Nous avons également cessé d'inclure l'addition des verres de +3,00 dioptries aux mesures de vision de près pour les raisons évoquées précédemment.

Par contre, nous avons ajouté un nouvel élément de comparaison et d'analyse : le cover-test alterné. Cette mesure est réalisée après les temps de cache monoculaire, en vision de loin et en vision de près. Afin de faciliter son exécution, nous avons choisi un cache-œil de diamètre plus petit. Nous avons alterné dix fois le cache d'un œil à l'autre au cours de deux séquences de mesures afin d'avoir des résultats pour l'œil droit caché et pour l'œil gauche caché.

Nous avons pris la décision d'inclure une mesure après un cover-test pour plusieurs raisons. D'une part, nous savions que la méthode « manuelle » la plus efficace, pour décompenser un angle divergent intermittent, est de cacher les yeux alternativement, pour rompre au maximum le lien binoculaire. Nous voulions aussi comparer les données retrouvées après une occlusion simple et celles retrouvées après plusieurs occlusions alternées.

Au cours de ce protocole, nous avons pu examiner quatre patients.

#### **1.3.2. Protocole final**

Ces différents essais ont abouti à l'élaboration du protocole fondateur de notre étude (figure 8). Appliqué durant 10 mois et 16 jours, il a été soumis à 24 patients.

En premier lieu, nous avons récolté les données du bilan orthoptique ci-après : TNO, angles minimal et maximal de loin et de près ainsi que l'angle avec les +3,00 dioptries. Indispensables pour notre analyse finale, ces valeurs serviront d'éléments de comparaison à celles trouvées au GazeLab®.

En deuxième lieu, nous avons effectué l'examen au GazeLab® (annexe 1) selon la démarche suivante :

- Aucun œil caché (binoculaire)
- Cacher l'œil droit pendant 4 secondes
- Cacher l'œil gauche pendant 4 secondes
- Cacher l'œil droit après un cover-test alterné de 10 allers-retours
- Cacher l'œil gauche après un cover-test alterné de 10 allers-retours

Effectuées de loin puis de près, ces mesures ont deux objectifs. Le premier est de confronter les résultats de l'examen sous écran avec les résultats du GazeLab®. Le deuxième est de connaître la technique qui permet d'obtenir l'angle maximal au GazeLab®.

Lors des mesures au GazeLab®, nous avons également apporté des consignes supplémentaires à dire oralement aux patients. Pour les mesures en binoculaire, l'instruction est : « Alignez le plus possible vos deux yeux ensemble ». Le but est de minimiser l'angle. Pour les mesures en monoculaire, l'indication est : « Laissez partir votre œil », le but est de maximiser l'angle. Non prises en compte dans nos précédents essais, ces informations orales sont indispensables pour le bon déroulement de l'examen. En effet, le patient n'est plus guidé uniquement par la consigne « Fixez le point rouge » et l'opérateur est davantage impliqué. Dès les premiers examens, nous avons constaté une incidence sur les résultats obtenus. Notamment pour les mesures en binoculaire : la valeur de l'angle minimal approchait davantage celle retrouvée au bilan orthoptique.

		Examen sous écran		GazeLab	
VL	Angle minimal	ESE unilatéral		Aucun œil caché	
	Angle maximal	ESE alterné		Œil caché 4s	Œil caché après cover-test alterné de 10 allers-retours
VP	Angle minimal	ESE unilatéral		Aucun œil caché	
	Angle maximal	ESE alterné	ESE alterné avec +3,00 dioptries	Œil caché 4s	Œil caché après cover-test alterné de 10 allers-retours

Figure 8. Protocole final de mesures du strabisme divergent intermittent

## 1.4. Recueil des données

La base de données a été construite sous forme de tableau à l'aide du logiciel Excel. Elle regroupe plusieurs informations sur les patients de notre étude :

- NOM et prénom
- Date de naissance
- IPP (numéro d'identification du patient)
- Données du bilan orthoptique :
  - Angle minimal de loin (type et valeur)
  - Angle maximal de loin (type et valeur)
  - Angle minimal de près (type et valeur)
  - Angle maximal de près (type et valeur)
  - Angle de près obtenu avec les +3,00 dioptries (type et valeur)
  - TNO (valeur en seconde d'arc)
- Données du GazeLab<sup>®</sup> en vision de loin :
  - Aucun œil caché (valeur et déviation standard)
  - Œil droit caché 4 secondes (valeur et déviation standard)
  - Œil gauche caché 4 secondes (valeur et déviation standard)
  - Œil droit caché après un cover-test alterné (valeur et déviation standard)
  - Œil gauche caché après un cover-test alterné (valeur et déviation standard)
- Données du GazeLab<sup>®</sup> en vision de près :
  - Aucun œil caché (valeur et déviation standard)
  - Œil droit caché 4 secondes (valeur et déviation standard)
  - Œil gauche caché 4 secondes (valeur et déviation standard)
  - Œil droit caché après un cover-test alterné (valeur et déviation standard)
  - Œil gauche caché après un cover-test alterné (valeur et déviation standard)

Les données du bilan orthoptique ont été prélevées du dossier Softalmo du patient. Les données du GazeLab<sup>®</sup> ont été extraites des fichiers PDF présentant les résultats.

## 2. Résultats

### 2.1. Répartitions de la population

Avant l'exposition des calculs statistiques, nous commençons par une description de la population de notre étude. Nous avons donc réparti les 24 patients selon différents critères.

#### Sexe

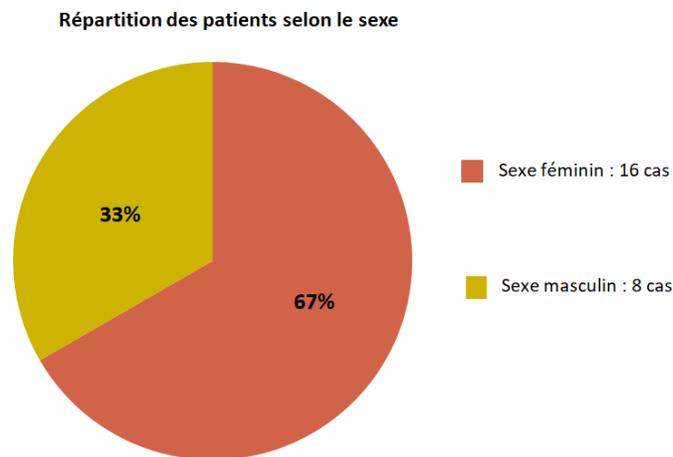
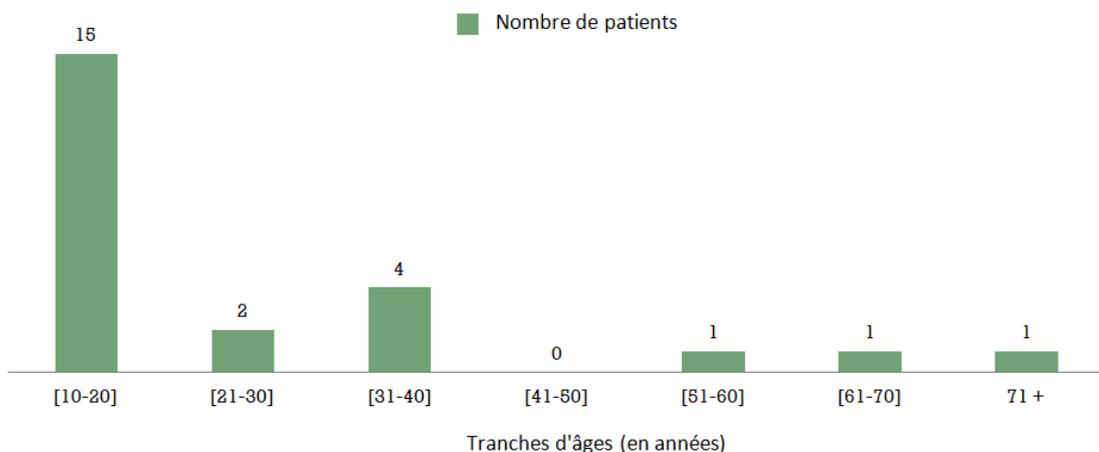


Figure 9.

Dans la population de cette étude (figure 9), il y a donc 67% de femmes et 33% d'hommes. Plus de 2/3 de la population est donc de sexe féminin.

#### Âge



Répartition des patients par tranches d'âges

Figure 10.

L'âge moyen de la population est de 25,04 ans.

L'âge minimal est de 10 ans et l'âge maximal est de 72 ans.

Plus de la moitié des patients (62,5%) se situe dans la tranche d'âge 10-20 ans. Il s'agit donc d'une population jeune (figure 10).

Nous n'avons pas mis volontairement la tranche d'âge inférieure à 10 ans car, comme expliqué précédemment, nous avons établi une limite d'âge lors de la réalisation du protocole.

### Type de strabisme divergent intermittent

Nous souhaitons présenter la proportion des différents types de strabismes divergents intermittents recueillis. Pour cela, nous avons répertorié les 24 patients d'après la classification utilisée par Kushner B.J dans son étude. Réalisée sur 202 patients, elle consistait à déterminer le rôle de la convergence accommodative ainsi que celui de la convergence fusionnelle dans le strabisme divergent intermittent [8].

Répartition des SDI selon la classification basée sur la déviation maximale mesurée à l'écran alterné prismatique de loin et de près

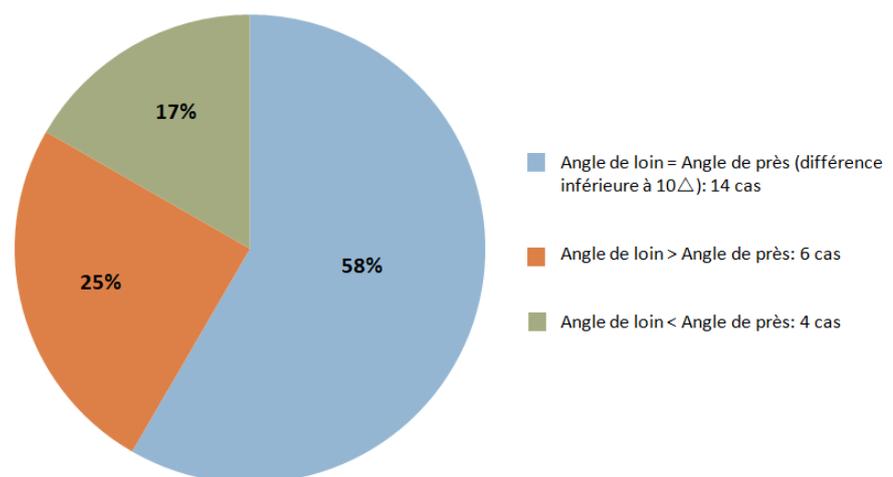


Figure 11.

Dans 58% des cas (figure 11), il n'y a pas d'incomitance de la déviation selon la distance (loin/près). Les strabismes divergents intermittents de notre population sont donc majoritairement concomitants (en prenant en compte une différence strictement inférieure à 10  $\Delta$  entre la vision de loin et la vision de près).

## Valeur des angles maximaux

Répartition des patients en fonction de la valeur de l'angle maximal (en dioptries prismatiques) mesuré à l'examen sous écran alterné en vision de loin

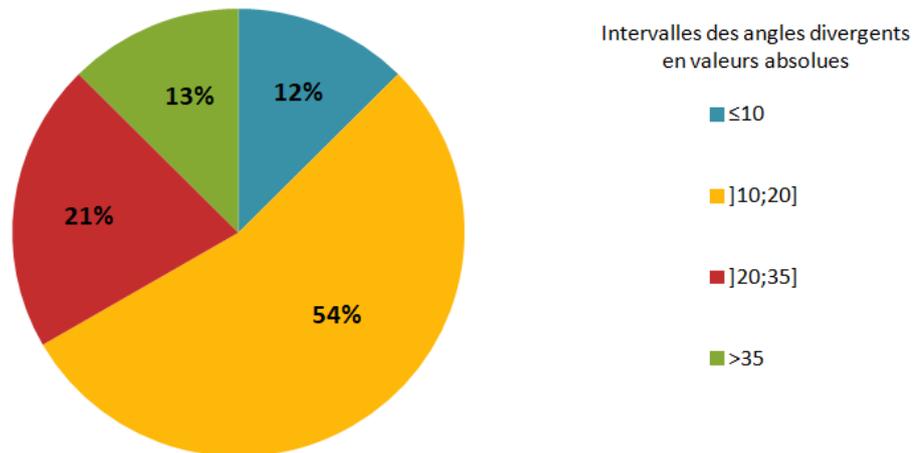


Figure 12.

Dans la première série (figure 12), l'angle moyen maximal en vision de loin est -21,42 dioptries prismatiques. L'angle maximal le plus petit est -4,00 dioptries prismatiques. L'angle maximal le plus grand est -50,00 dioptries prismatiques. L'intervalle de valeurs ]10 ;20] représente plus de la majorité (54%) des angles mesurés dans cette série.

Répartition des patients en fonction de la valeur de l'angle maximal (en dioptries prismatiques) mesuré à l'examen sous écran alterné en vision de près

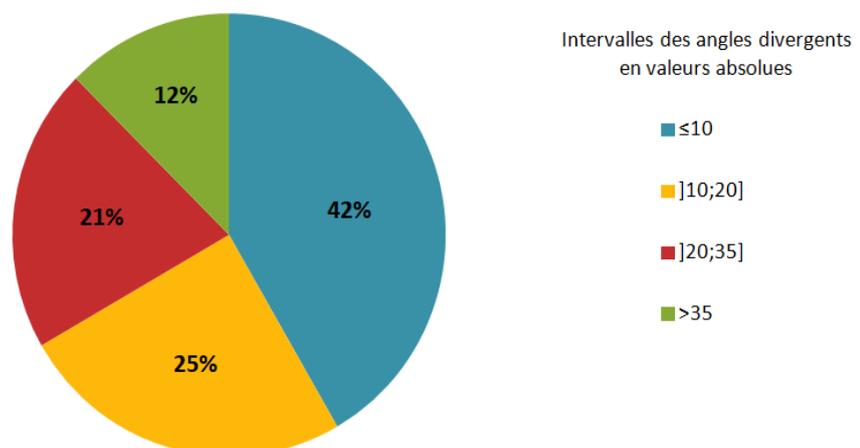


Figure 13.

Dans la seconde série (figure 13), l'angle moyen maximal en vision de près est -19,33 dioptries prismatiques. L'angle maximal le plus petit est 0. L'angle maximal le plus grand est -60 dioptries prismatiques. Le pourcentage de patient avec des valeurs d'angles situées dans les intervalles ]20 ; 35] et >35 est quasiment identique à celui de la première série. Cependant, les valeurs d'angles  $\leq 10$  sont davantage représentées (42%).

Répartition des patients en fonction de la valeur de l'angle maximal (en dioptries prismatiques) mesuré à l'examen sous écran alterné en vision de près avec un +3,00 dioptries

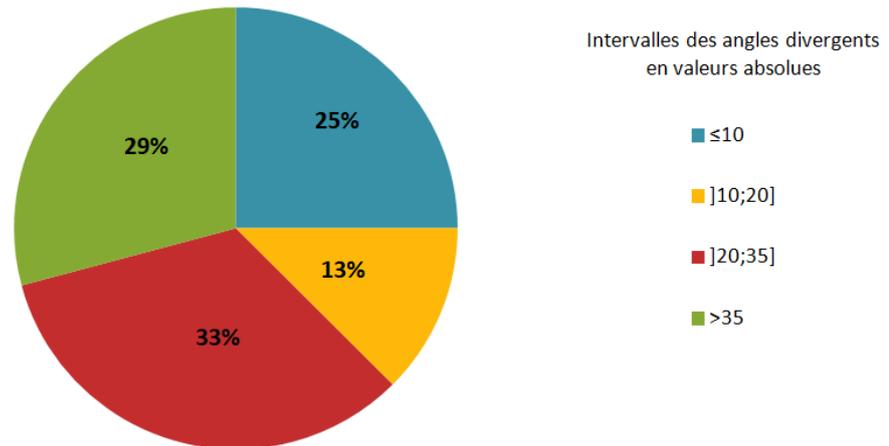


Figure 14.

Dans la troisième série (figure 14), l'angle moyen maximal en vision de près avec les +3 dioptries est -27,63 dioptries prismatiques. L'angle maximal le plus petit est 0. L'angle maximal le plus grand est -70 dioptries prismatiques. Sur les 3 séries, c'est celle-ci qui possède l'angle moyen maximal le plus divergent. Ce qui concorde avec le fait que les intervalles ]20 ;35] et > 35 présentent les plus grands pourcentages de patients dans cette série. Il y a donc une majoration de l'angle en vision de près lors de la mise en place d'une surcorrection de +3.00 dioptries devant chaque œil.

### Acuité stéréoscopique au TNO

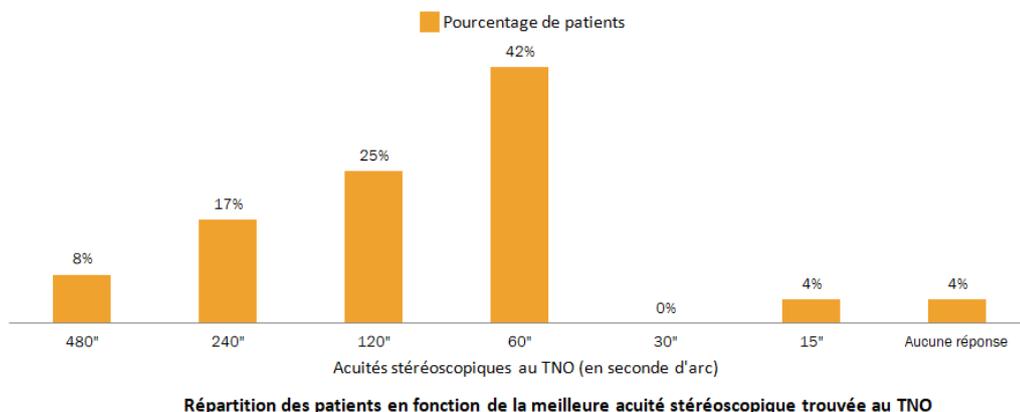


Figure 15.

Quasiment la totalité des patients obtiennent une acuité stéréoscopique, plus ou moins de bonne qualité, en vision de près au TNO (figure 15). Nous comptabilisons un seul patient n'ayant aucune réponse positive à ce test. Nous constatons que la meilleure stéréoacuité atteinte est celle de 15'' (1 patient). Nous remarquons que 42% des patients ont comme meilleure acuité stéréoscopique 60'', ce qui représente moins de la moitié de la population. Une vision stéréoscopique est qualifiée de bonne lorsqu'elle est inférieure à 100 secondes d'arc [9], ainsi, d'après cette limite, seulement 45,8% des patients (11 cas) présentent une bonne vision stéréoscopique. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce résultat : le caractère très dissociant du test pouvant mettre en échec l'exotropie intermittente [3], un mauvais contrôle de la déviation en vision de près, ou la présence d'une microtropie pendant les phases phoriques [4].

## 2.2. Test de Wilcoxon et moyennes des différences

Pour rappel, nos objectifs sont:

- Confronter les valeurs de l'examen sous écran avec celles du GazeLab<sup>®</sup>
- Trouver la méthode la plus performante pour étudier les strabismes divergents intermittents au GazeLab<sup>®</sup>.

Nous avons donc effectué différentes comparaisons entre l'examen sous écran manuel et le GazeLab<sup>®</sup> mais également entre les deux méthodes utilisées au GazeLab<sup>®</sup> (occlusion 4s et occlusion après un cover-test alterné).

Tout d'abord, nous avons utilisé le site BiostaTGV pour obtenir des p-values à l'aide du test de Wilcoxon. Puis, nous avons calculé des moyennes des différences. Chacune de nos comparaisons se voit donc attribuer une p-value et une moyenne des différences exposées dans les graphiques en barres suivants.

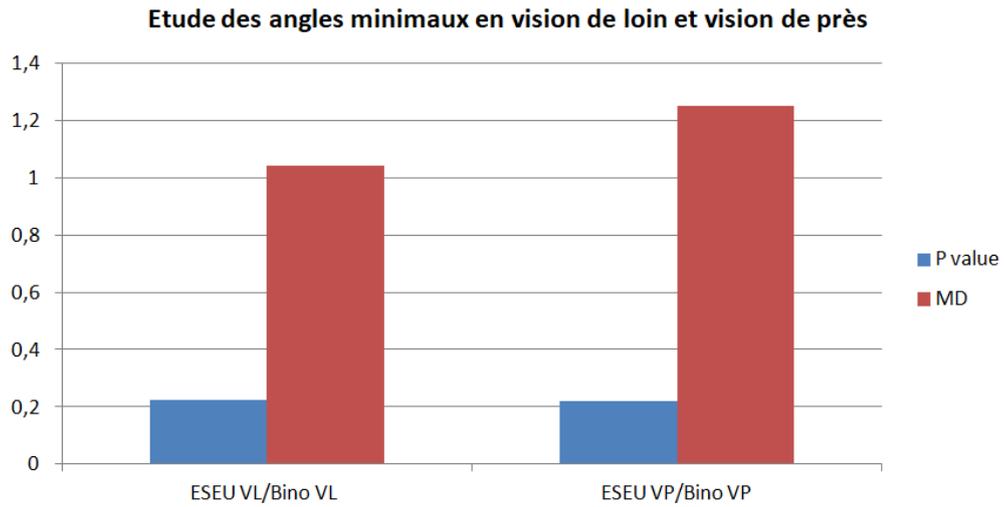


Figure 16.

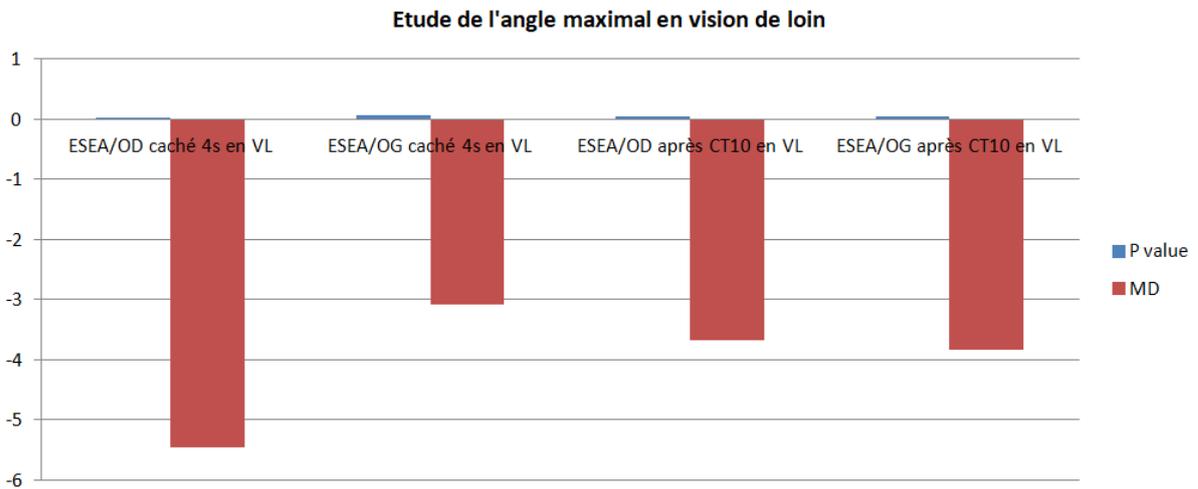


Figure 17.

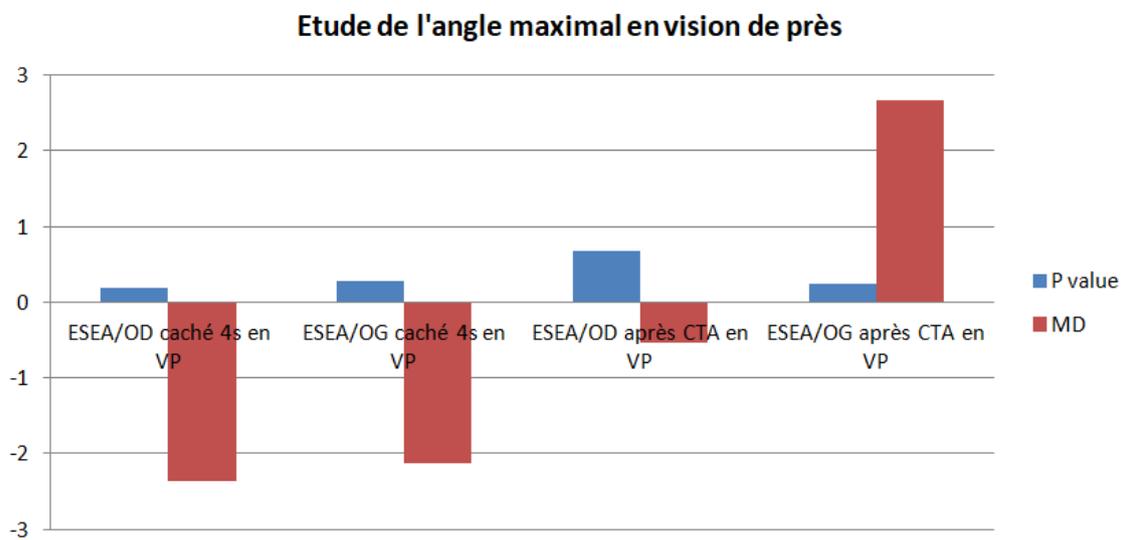


Figure 18.

### Comparaison entre deux techniques de mesures au GazeLab

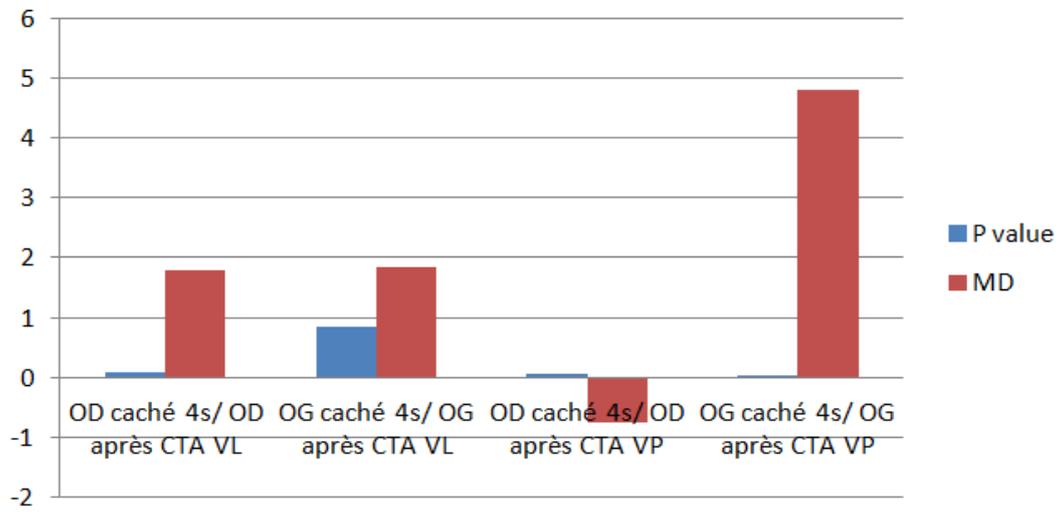


Figure 19.

### 2.3. Incertitudes relatives

#### Evolution delta absolu déviation occlusion et ESE en fonction des valeurs retrouvées à l'ESE en VL

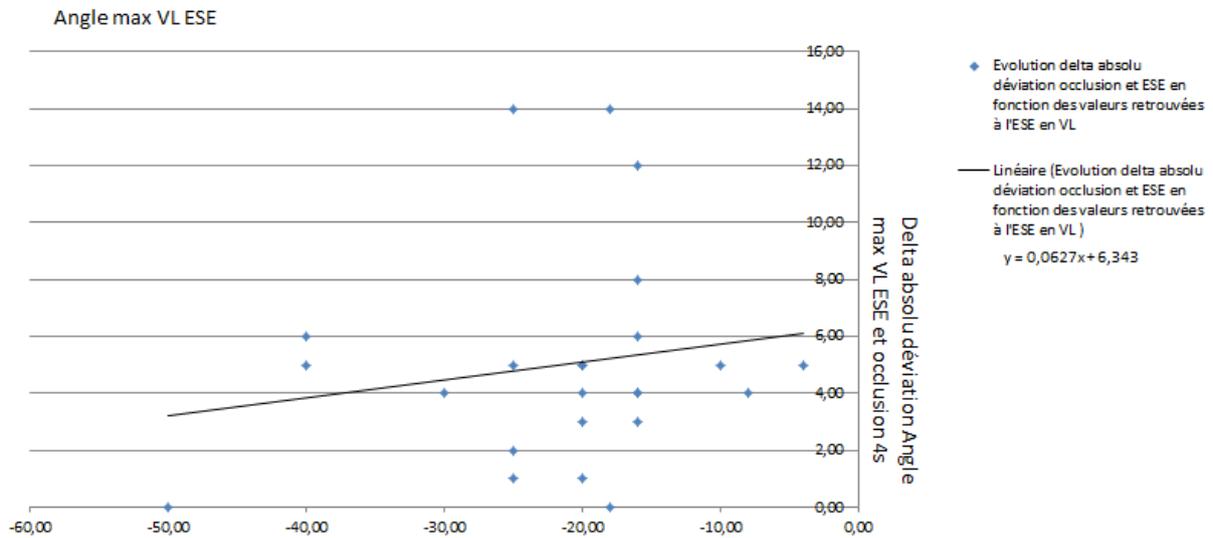


Figure 20.

#### Evolution écart relatif ESE/occlusion 4s VL en fonction de la déviation ESE

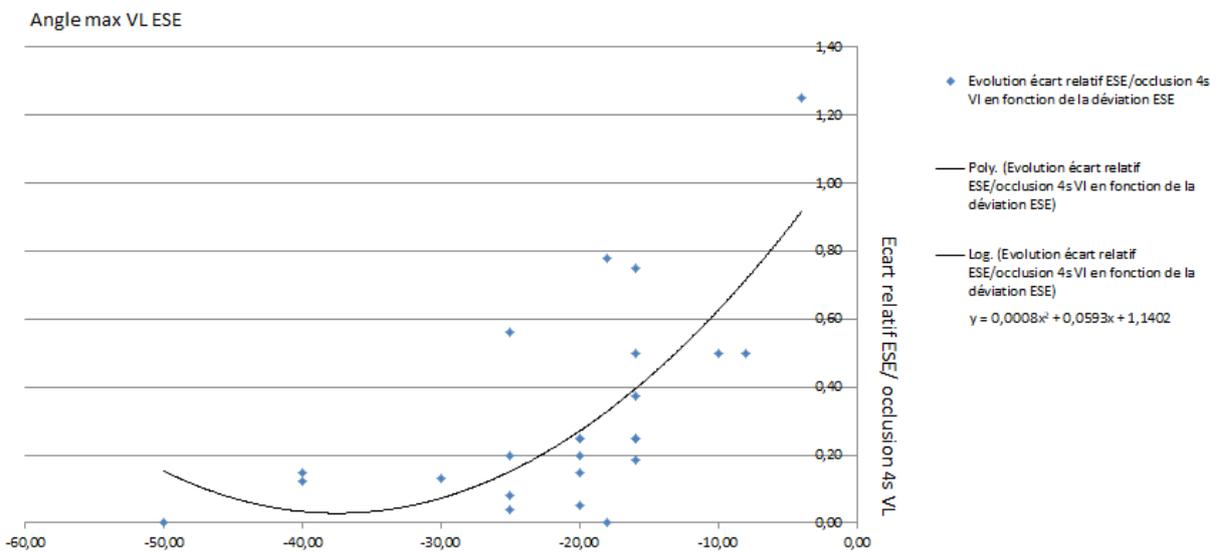


Figure 21.

### Evolution delta absolu déviation CTA et ESE en fonction des valeurs retrouvées à l'ESE en VL

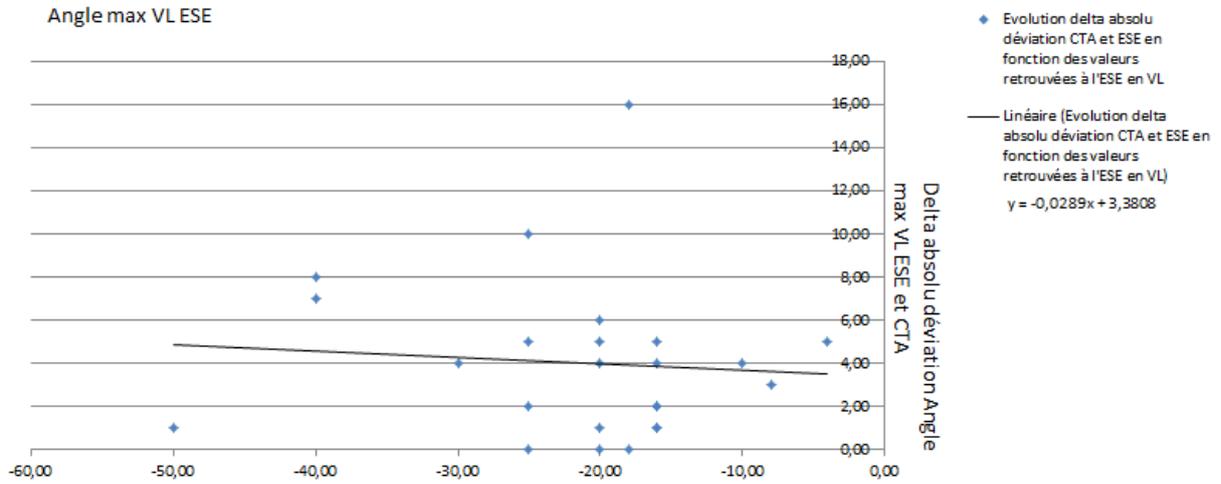


Figure 22.

### Evolution écart relatif ESE/CTA VL en fonction de la déviation ESE

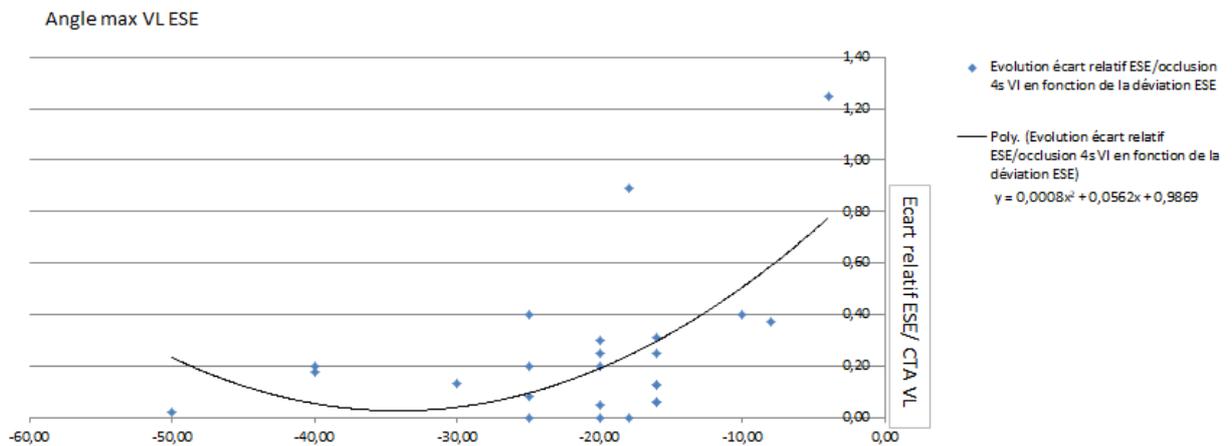


Figure 23.

**Evolution delta absolu déviation occlusion et ESE en fonction des valeurs retrouvées à l'ESE en VP**

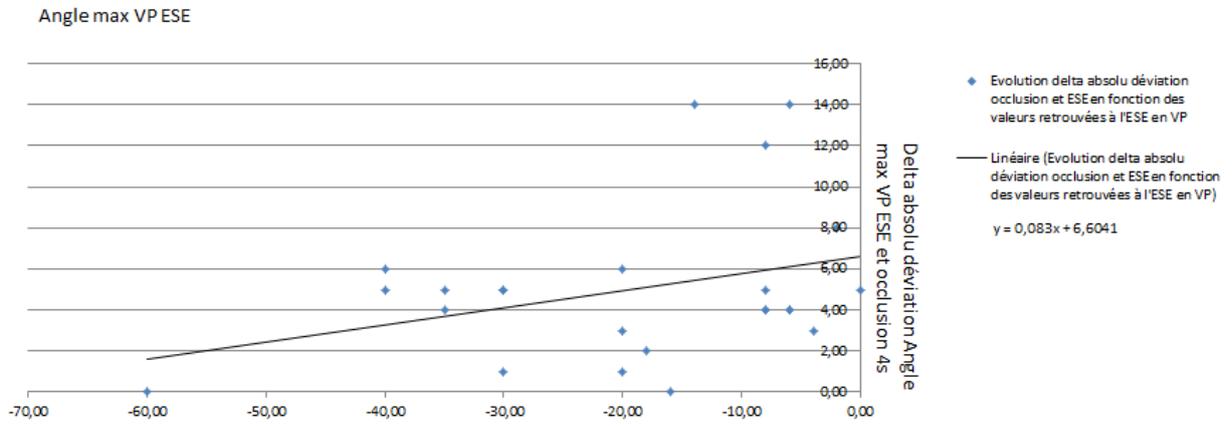


Figure 24.

**Evolution écart relatif ESE/occlusion 4s VP en fonction de la déviation ESE**

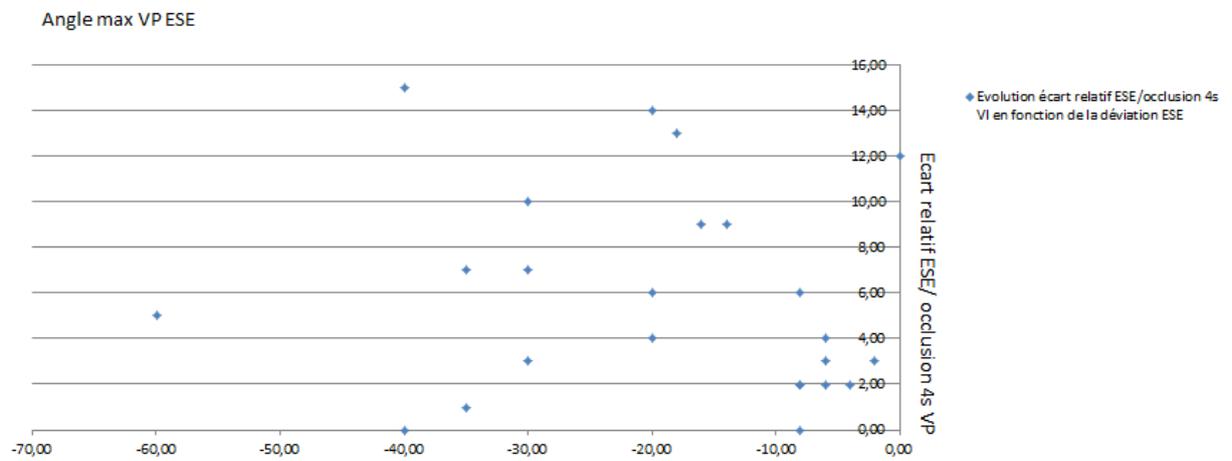


Figure 25.

### Evolution delta absolu déviation CTA et ESE en fonction des valeurs retrouvées à l'ESE en VP

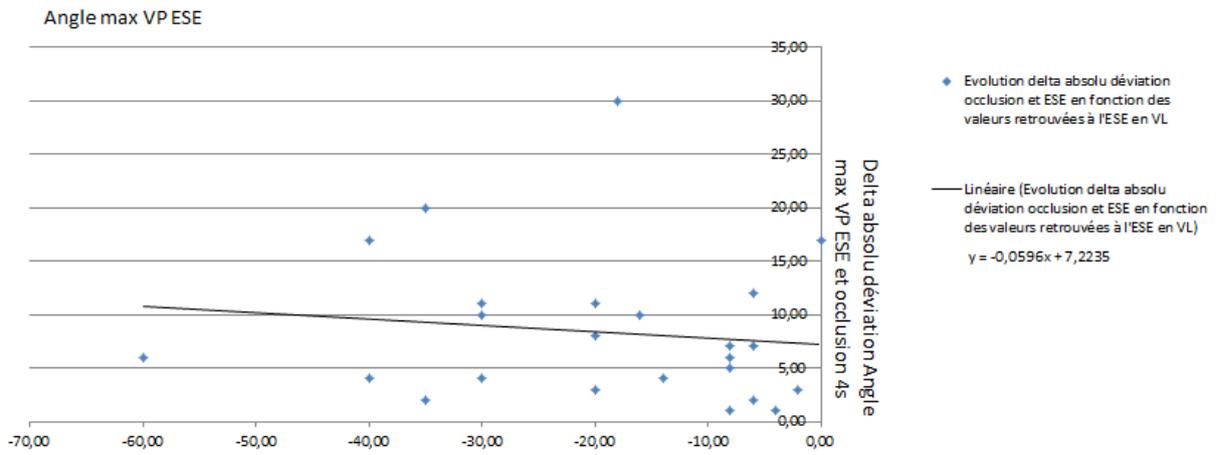


Figure 26.

### Evolution écart relatif ESE/CTA VP en fonction de la déviation ESE

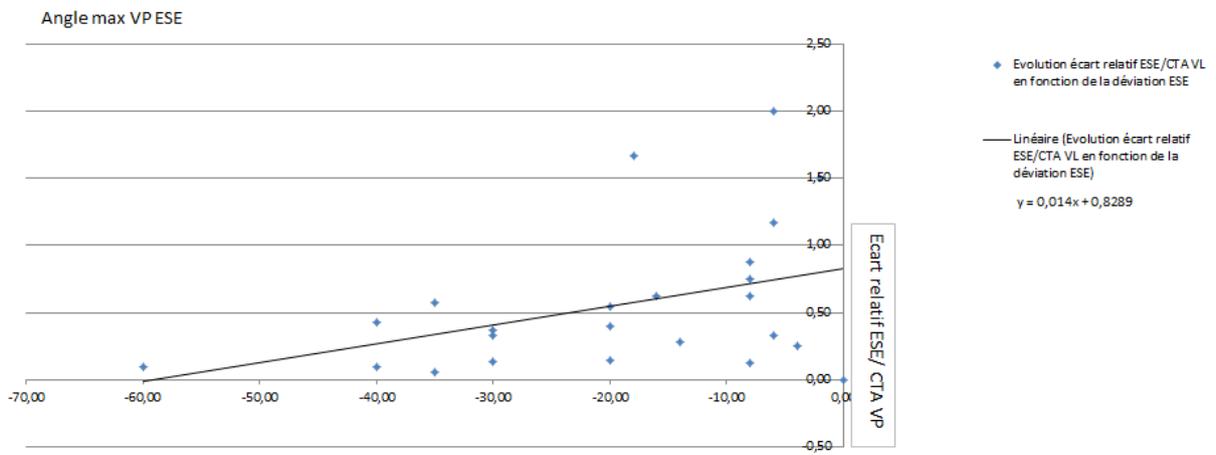


Figure 27.

## Discussion

Comme expliqué précédemment, nous avons exploité nos résultats avec un Test de Wilcoxon. Ce test permet d'obtenir la p-value de deux séries comparées entre elles.

La p-value est une valeur qui est utilisée dans les tests d'hypothèse, l'hypothèse étant ici que l'examen au GazeLab<sup>®</sup> est superposable à l'examen manuel.

Elle est définie comme la probabilité pour un modèle statistique donné sous l'hypothèse nulle d'obtenir la même valeur que celle observée. Son usage est assez courant dans les sciences de la vie. On considère que plus la p-value est faible, plus la probabilité de faire une erreur en rejetant l'hypothèse nulle est faible. La valeur limite couramment admise est 0,05 et c'est celle que nous avons utilisée.

Nous avons donc réalisé une série de 10 comparaisons entre les valeurs manuelles et les valeurs obtenues au GazeLab<sup>®</sup>. Nous avons admis que si la p-value obtenue était supérieure à 0,05, on pouvait considérer que l'examen était reproductible. Dans le cas contraire ( $p$  value  $< 0,05$ ), l'hypothèse nulle peut être rejetée, les examens ne sont donc pas considérés comme étant superposables.

Pour ce qui est de l'angle minimal, la p-value est supérieure à 0,05 en Vision de Loin comme en Vision de près (figure 16). Le GazeLab<sup>®</sup> semble donc être efficace pour étudier l'angle minimal chez les sujets présentant un SDI.

Nous avons constaté que pour ce qui est des mesures de l'angle maximal en Vision de Loin, les p-values sont toujours inférieures ou tout juste égales à 0,05 (figure 17). Pour ce qui est de l'angle maximal en Vision de Près, les p-values sont au contraire toujours supérieures à 0,05 (figure 18).

En se fiant aux valeurs statistiques, on conclut donc que l'examen de l'angle maximal au GazeLab<sup>®</sup> est reproductible uniquement en Vision de Près.

Cependant, ces résultats purement numériques peuvent être nuancés par plusieurs remarques. Par exemple, nous pouvons relever le fait qu'à l'œil nu, quand l'on observe les résultats obtenus, la différence entre les valeurs obtenues manuellement et celles obtenues avec le GazeLab<sup>®</sup> semble être assez faible. Même si statistiquement ces différences peuvent sembler significatives, il est intéressant de se rappeler qu'en pratique, les barres de prisme ne sont pas graduées tous les degrés, et que plus la déviation est importante, plus on perd en précision numérique.

Lors des comparaisons entre les deux méthodes de mesures utilisées au GazeLab<sup>®</sup> (occlusion après 4 secondes et occlusion après cover-test alterné), nous remarquons que seule la p-value de la comparaison OG caché 4s/OG après CTA VP est inférieure à 0,05 (figure 19). Cette différence est donc significative et s'explique par des valeurs beaucoup plus divergentes que les autres lors de la mesure œil gauche caché après cover-test alterné. En effet, notre examen se terminant par cette mesure (OG caché après cover-test alterné), le couple oculaire a été décompensé plusieurs fois auparavant.

Nous nous sommes aussi posé la question de l'influence de l'importance de la déviation strabique sur la fiabilité des mesures au GazeLab®.

Pour chaque méthode étudiée (occlusion 4s VL, CTA VL, occlusion 4s VP, CTA VP), nous avons calculé la différence (delta) par rapport à la valeur considérée comme la norme (valeurs des angles maximaux retrouvées à l'ESE), puis nous avons passé ce delta en valeur absolue.

Nous avons ensuite calculé l'écart relatif pour chaque méthode, donné par la formule :

$$\text{Ecart relatif} = \left| \frac{\text{Delta Amax}}{\text{Amax}} \right|$$

Puis nous avons représenté l'évolution de ces deux grandeurs en fonction de l'importance de l'angle de déviation.

#### **Analyse première méthode : Occlusion 4s VL:**

Figure 20 : La tendance de la courbe tend à montrer que le delta déviation diminue avec l'augmentation de la déviation strabique avec la méthode d'occlusion 4s.

Figure 21 : Au vu de la dispersion des points, on constate que les valeurs pour lesquelles l'écart relatif semble être le plus important sont les valeurs comprises entre 10 et 25 dioptries prismatiques. On en déduit que la méthode GazeLab® occlusion 4s semble être fiable pour étudier les angles importants, mais doit seulement seconder l'examen manuel pour les strabismes d'angles compris entre 10 et 25 dioptries prismatiques.

#### **Analyse deuxième méthode : CTA VL :**

Figure 22 : La courbe tend à indiquer qu'à l'inverse de la première méthode, le delta déviation augmente proportionnellement à la déviation strabique.

Figure 23 : L'analyse de la courbe représentant l'évolution de l'écart relatif avec la méthode CTA est similaire à celle avec la méthode occlusion 4s. Les valeurs pour lesquelles l'écart relatif semble être le plus important sont les valeurs comprises entre 15 et 25 dioptries prismatiques. On en déduit que la méthode GazeLab® CTA semble être fiable pour étudier les angles importants, mais doit seulement seconder l'examen manuel pour les strabismes d'angles compris entre 10 et 25 dioptries prismatiques.

#### **Analyse troisième méthode : Occlusion 4s VP :**

Figure 24 : La courbe est peu exploitable car les points sont très dispersés. Les valeurs les plus hautes correspondent aux angles strabiques compris entre 0 et 15 dioptries prismatiques.

Figure 25 : Etant donné la dispersion des points, la modélisation est inexploitable. On peut tout de même noter que l'on trouve des valeurs hautes d'écart relatif de 0 à 40 dioptries prismatiques de déviation strabique.

### **Analyse quatrième méthode : CTA VP :**

Figure 26 : La courbe retrouve peu d'évolution, avec une tendance à une très légère diminution du delta absolu quand l'angle de déviation strabique diminue.

Figure 27 : La méthode CTA donne des valeurs satisfaisantes lorsque l'ESE varie entre 30 et 50 dioptries prismatiques de déviation. Pour les angles de déviation compris entre 0 et 30 dioptries prismatiques, l'examen au CTA au GazeLab<sup>®</sup> doit toujours seconder seulement l'examen manuel.

### **Bilan global de l'étude de l'écart relatif :**

L'impression qui ressort des analyses de ces graphiques est que l'utilisation du GazeLab<sup>®</sup> toutes méthodes confondues, semble être très fiable pour l'examen des strabismes d'angle important, mais que nous perdons en précision pour des angles de déviation plus modérée.

Nous pouvons faire remarquer à ce niveau que les valeurs d'angle de déviation mesurées à la barre de prisme sont précises à 2 dioptries prismatiques près de 0 à 20 dioptries prismatiques, mais précise seulement de 5 voire 10 dioptries prismatiques pour les angles de 25 à 50 dioptries prismatiques. Il est logique de penser qu'on aurait donc plus facilement une dispersion des valeurs mesurées pour les angles modérés à l'ESE.

Rappelons que l'exotropie intermittente est un état qui varie entre des périodes phoriques et tropiques. Cette variabilité peut être attribuée à des facteurs intrinsèques tels que la fatigue, la maladie, le stress mais également à des facteurs extrinsèques tels que l'éclairage de la pièce, les conditions d'examen ou encore l'opérateur. Il est probable que ces facteurs sont intervenus entre le bilan orthoptique et l'examen au GazeLab<sup>®</sup>.

Une autre observation qui n'est pas statistiquement analysable est le fait que plus les examinateurs ont progressé dans leur cursus et ont acquis de l'expérience dans la manipulation de l'appareil, plus les résultats sont superposables à ceux de l'examen manuel.

En outre, la taille de l'échantillon de patients examinés n'atteint pas la taille attendue pour considérer que les caractéristiques observées peuvent être étendues à l'ensemble de la population, taille qui est de 50 patients examinés.

## Conclusion

Ces deux années de recherches, d'essais et d'interrogations, nous ont permis d'aboutir à un protocole de mesures des strabismes divergents intermittents au GazeLab®.

Au terme de cette étude, les résultats statistiques montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre l'examen sous écran manuel et le GazeLab® pour la mesure des angles minimaux de loin et de près, ainsi que pour la mesure des angles maximaux de près.

Cependant, nos résultats révèlent une différence significative pour la mesure des angles maximaux de loin. Pour détailler davantage cette constatation, nous avons vérifié si cette différence des valeurs entre l'examen sous écran manuel et le GazeLab® est influencée par la valeur de l'angle. Ainsi, nous avons mis en évidence le fait que cette différence semble être d'autant plus importante que l'angle du strabisme est faible.

Le GazeLab® semblerait donc plus fiable pour des grandes déviations strabiques (>30 dioptries prismatiques). Nous n'émettons ici qu'une hypothèse car notre échantillon comporte davantage d'angles compris entre 0 et 20 dioptries prismatiques que de très grands angles, ce qui nous limite pour trouver une corrélation, s'il y en a une.

Notre comparaison des deux méthodes de mesures au GazeLab®, occlusion après 4 secondes et occlusion après cover-test alterné 10 fois, ne montre qu'une seule différence significative dont nous avons donné une possible explication. Nous constatons que la moyenne des angles mesurés est plus divergente lors de l'utilisation de la technique du cover-test alterné. La décompensation du strabisme divergent intermittent au GazeLab® serait donc meilleure avec le cover-test alterné, méthode de référence utilisée à l'examen sous écran manuel pour trouver l'angle maximal. Cependant, nous ne pouvons pas réellement conclure sur l'efficacité d'une méthode par rapport à l'autre, car pour cela il faudrait une plus grande population.

Pour vérifier la reproductibilité de ce protocole, il serait également intéressant de le faire réaliser deux fois par deux opérateurs différents. D'autres axes d'améliorations, dont l'agrandissement de la base de données, pourront être apportés par Cléa COTTREZ et Jean-Baptiste LEBON qui poursuivent ce mémoire.

## **Bibliographie**

- [1] Espinasse-Berrod M-A. Exophorie-tropie, ou strabisme divergent intermittent. In : Péchereau A, Denis D, Speeg-Schatz C. Strabisme. Rapport SFO 2013. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2013. p. 211-217.
- [2] Péchereau A, Quéré M-A. Les exotropies. Nantes : A&J Péchereau; 2007. 100 p. Cahiers de Sensorio-Motricité ; v3.2.
- [3] Audren F., Lassalle D., Santallier M., Speeg-Schatz C. Méthodes d'examen. In : Péchereau A, Denis D, Speeg-Schatz C. Strabisme. Rapport SFO 2013. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2013. p. 145-186.
- [4] Audren F. Les strabismes divergents intermittents. Journal Français d'Ophtalmologie. 2019 ; 42(9) : 1007-1019. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2018.12.031>
- [5] Santallier M. Généralités sur l'examen sous écran. In : Motricité et sensorialité oculaire : l'examen. Milon-La-Chapelle : S-éditions ; 2011. p.121-126.
- [6] BCN Innova. Gazelab [Internet]. 2011, 2019 [consulté le 25 janvier 2020]. Disponible sur : <http://bcninnova.com/GazeLab>
- [7] Fossum P. Fiabilité et reproductibilité de la mesure angulaire automatisée du strabisme : protocole FREGMA [Thèse d'exercice : médecine]. [Nantes, France] : Université de Nantes ; 2020. Disponible sur : <http://archive.bu.univ-nantes.fr/pollux/show.action?id=a0cb7710-7e31-4a83-a4ac-aab7eb8d5405>
- [8] Kushner BJ, Morton GV. Distance/Near Differences in Intermittent Exotropia. Arch Ophthalmol. 1998; 116: 478-486.
- [9] Gottenkiene S, Lassalle D, Péchereau A, Santallier M, Toesca E. Troubles fonctionnels et rééducation. In : Péchereau A, Denis D, Speeg-Schatz C. Strabisme. Rapport SFO 2013. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2013. p. 301-316.

# Annexe

Annexe 1 : Exemple de résultats sous format pdf après acquisition des mesures en vision de loin au GazeLab®

## Strabismus Free Test Report

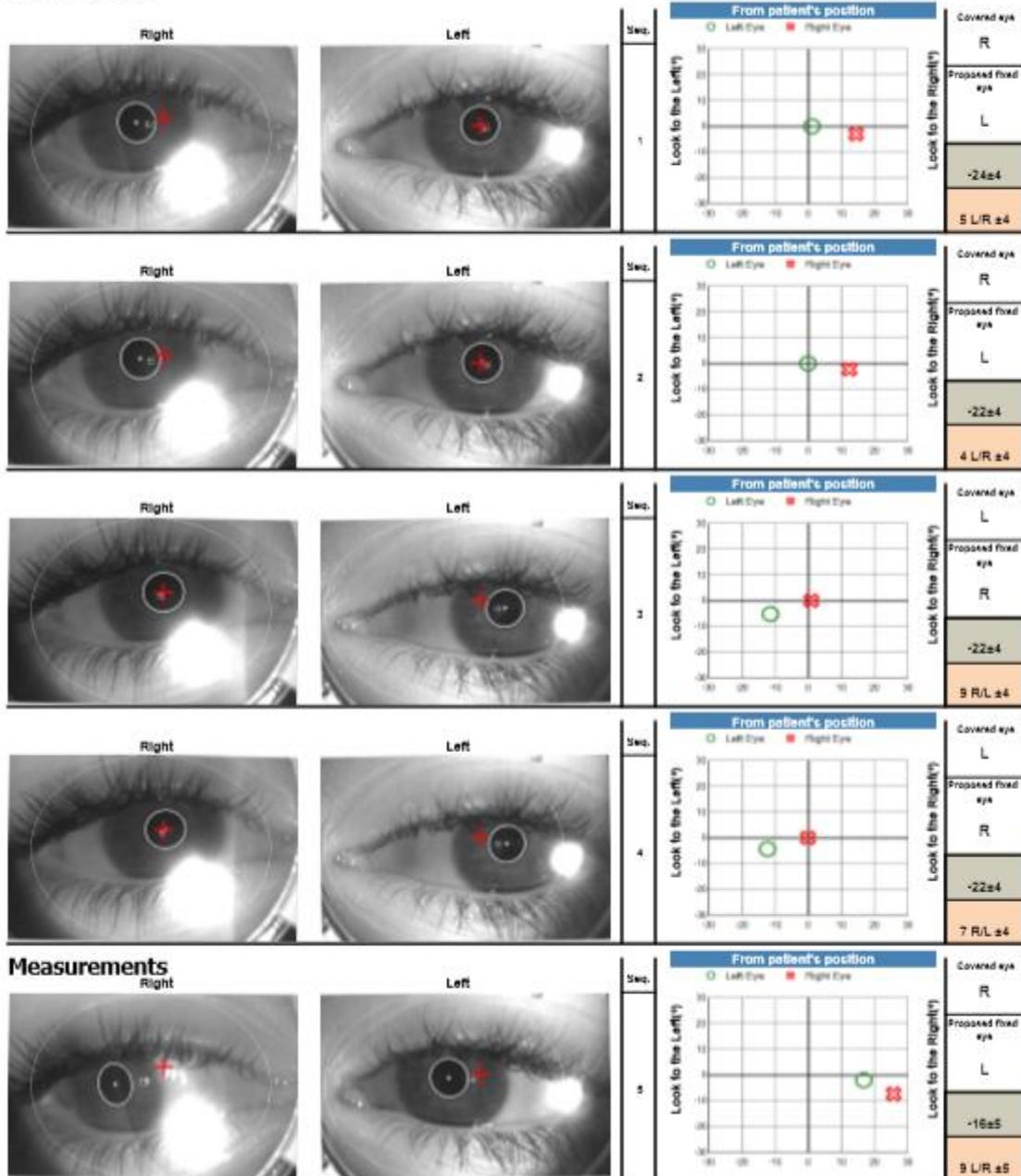


Patient id:  
Name:  
Exploration Date and Time:  
Comments: Test de longue distance

Eye Screen Distance (cm): 400

Trial lens Left: 0 Trial lens Right: 0

### Initialization



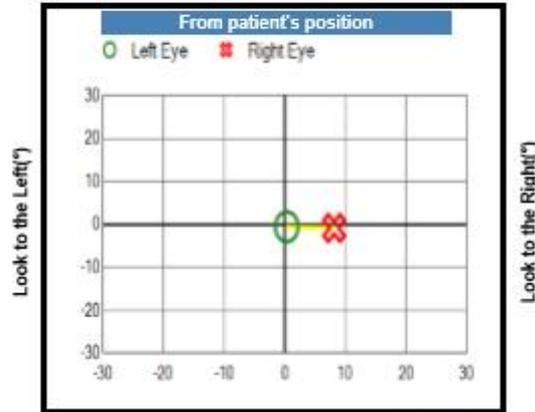
**Page 1: résultats du pré-calibrage**

# Strabismus Free Test Report

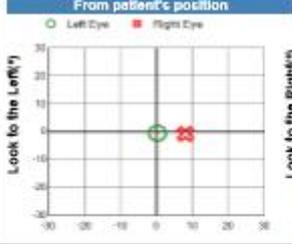
Patient id:  
 Name:  
 Exploration Date and Time:

## Section 1

### Graphic Resume



### Graphic Details

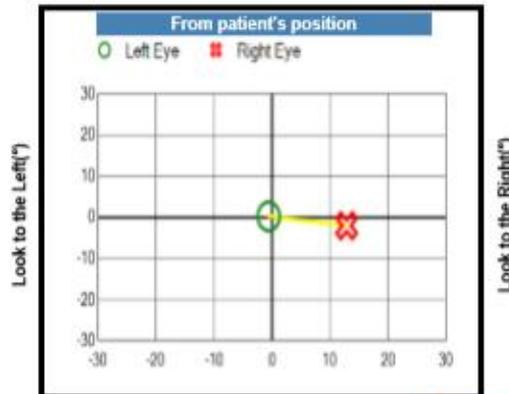
Right	Left	Seq.	From patient's position	Covered eye
		α		NO
				Proposed fixed eye
				?
				-14±3
				0±1

## Strabismus Free Test Report

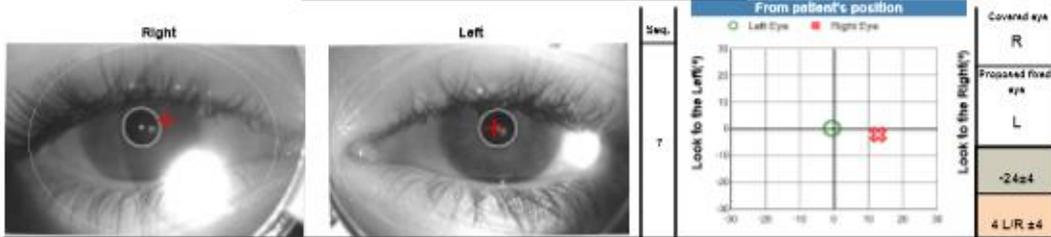
Patient id:  
Name:  
Exploration Date and Time:

### Section 2

#### Graphic Resume



#### Graphic Details



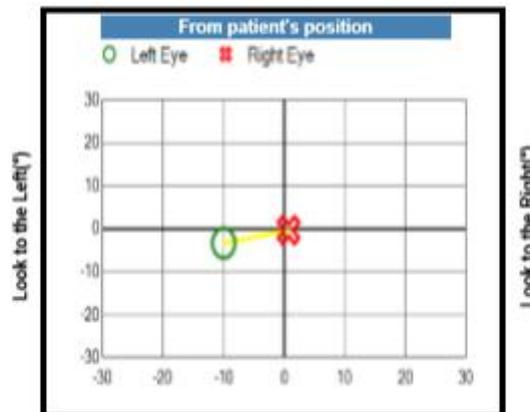
Page 3: mesure oeil droit caché 4 secondes

## Strabismus Free Test Report

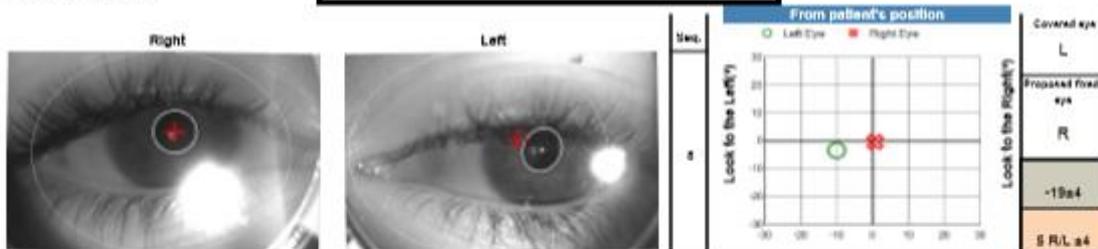
Patient id:  
Name:  
Exploration Date and Time:

### Section 3

#### Graphic Resume



#### Graphic Details



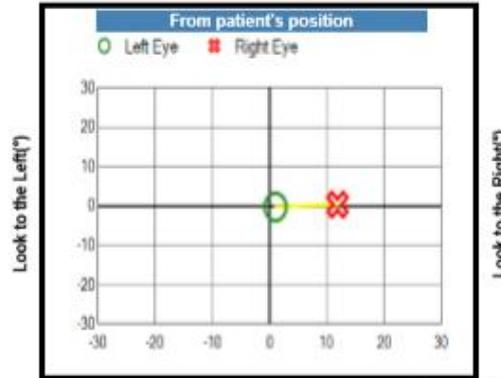
Page 4: mesure oeil gauche caché 4 secondes

## Strabismus Free Test Report

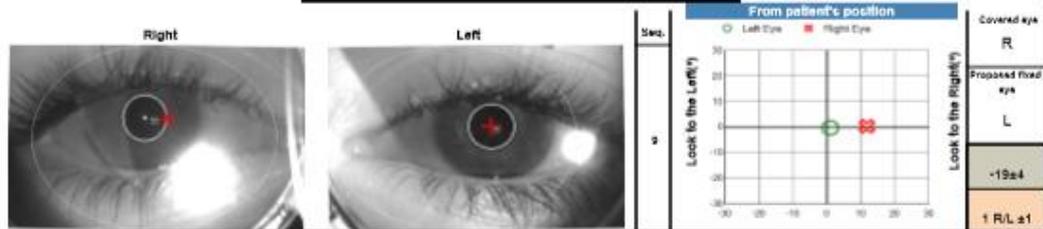
Patient id:  
Name:  
Exploration Date and Time:

### Section 4

#### Graphic Resume



#### Graphic Details



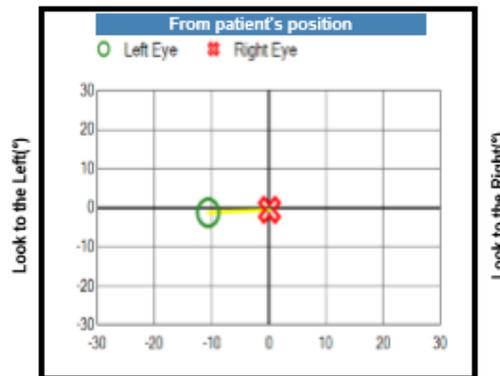
Page 5: mesure oeil droit caché après un cover-test alterné 10 fois

## Strabismus Free Test Report

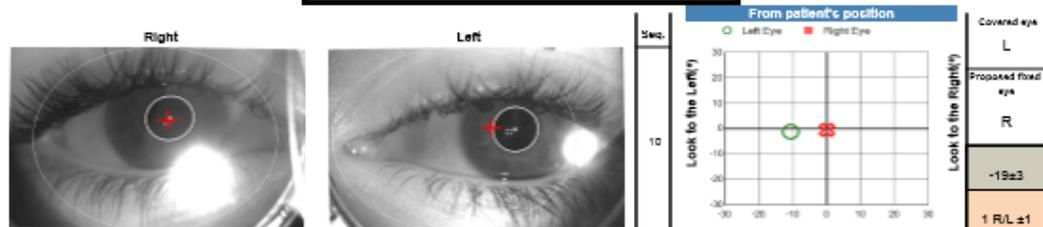
Patient id:  
Name:  
Exploration Date and Time:

### Section 5

#### Graphic Resume



#### Graphic Details



R = Right eye  
L = Left eye  
NO = Uncover  
Horizontal deviation sign (+ Convergence, - Divergence)  
Vertical deviation notation (Top eye / Bottom eye)

Δ = Diopters  
° = Degrees

Horizontal Deviation(Δ)  
Vertical Deviation(Δ)

Page 6: mesure oeil gauche caché après un cover-test alterné 10 fois

## Résumé

Le strabisme divergent intermittent se caractérise par une divergence permanente dont la compensation est intermittente. Son examen clinique réside particulièrement dans la recherche de l'angle maximal par la méthode manuelle de l'examen sous écran alterné avec barre de prismes.

Il existe d'autres moyens de mesurer les angles de déviation. Nous nous intéresserons au GazeLab<sup>®</sup> : vidéo-oculographe qui permet d'évaluer objectivement les déviations oculaires.

Dans ce mémoire, nous avons établi un protocole de mesures angulaires pour l'étude des strabismes divergents intermittents au GazeLab<sup>®</sup>. Puis, nous avons comparé les résultats obtenus avec ceux de l'examen sous écran. Nous avons également tenté de trouver la méthode permettant d'obtenir l'angle maximal par ce moyen automatisé.

Notre étude comporte 24 patients. L'ensemble des résultats statistiques basés sur nos objectifs sont présentés dans ce mémoire.

Mots-clés : strabisme divergent intermittent, examen sous écran, GazeLab<sup>®</sup>, déviation minimale, déviation maximale