



HAL
open science

L'impact de la chirurgie du strabisme sur les mouvements des yeux en lien avec la lecture

Léa Neuveu

► **To cite this version:**

Léa Neuveu. L'impact de la chirurgie du strabisme sur les mouvements des yeux en lien avec la lecture. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03486160

HAL Id: dumas-03486160

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03486160v1>

Submitted on 17 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



L'impact de la chirurgie du strabisme sur les mouvements des yeux en lien avec la lecture

NEVEU Léa

Maitre de mémoire :
ORDINES MELANIE
Orthoptiste

Directrice des mémoires :
TRINQUET Laure
Directrice Pédagogique

Année Universitaire 2019-2020
Mémoire de fin d'études d'Orthoptie

Remerciements

Tout d'abord, il me tient à cœur de remercier la directrice pédagogique de l'école d'orthoptie de Marseille, Laure TRINQUET, sans qui la réalisation de l'étude n'aurait pas été possible. Le temps qu'elle a consacré à la réalisation des examens sur ses patients, ainsi que ses précieux conseils, m'ont permis de réaliser une étude captivante. Je lui suis également très reconnaissante du savoir qu'elle nous a transmis qui a rendu notre formation aussi enrichissante que passionnante. Sa bienveillance, son enthousiasme, et le partage de ses nombreuses connaissances au cours de nos trois années d'apprentissage, nous permettent aujourd'hui d'avoir les cartes en main pour devenir l'orthoptiste que l'on souhaite.

Pour continuer, je tiens également à remercier Mélanie ORDINES pour sa qualité en tant que maître de mémoire ainsi que comme professeur dans le cadre de notre formation. Sa présence tout au long de la rédaction de ce mémoire m'a beaucoup aidée et rassurée. De plus, la qualité et l'étendue de ses enseignements durant notre formation a été indispensable pour appréhender l'orthoptie.

A présent, je remercie les orthoptistes qui m'ont accueillie dans leur cabinet, notamment Samira NADIFI et Coralie BATTINELLI. Leur envie de me faire découvrir et de partager leur travail a été très formateur. Grâce à elles, j'ai pu mettre en pratique les enseignements théoriques acquis au cours de mon cursus.

J'adresse également mes remerciements à la chef de service d'ophtalmologie des CHU de Marseille, Professeur DENIS, pour nous avoir reçus en stage. Avoir la possibilité de travailler à ses côtés dans le cadre de quelques journées de stage a représenté une réelle opportunité d'enrichir nos connaissances.

Ensuite, je tiens à remercier l'ensemble des orthoptistes qui ont pris sur leur temps pour réaliser quelques examens sur leurs patients afin d'enrichir l'étude réalisée dans le cadre de ce mémoire.

Enfin, je remercie tous les étudiants que j'ai côtoyés durant mes années d'étude. Plus particulièrement, je remercie ma promotion pour avoir fait de ses années des années inoubliables. Notre cohésion, et toute la bienveillance que nous avons eu les uns envers les autres m'a permis de vivre pleinement ma formation. Je remercie également les étudiants qui vont poursuivre mon mémoire l'an prochain afin de continuer cette étude.

Merci à mes proches qui m'ont toujours soutenue, guidée et apporté de précieux conseils durant ses années. Parmi eux, je remercie tout particulièrement, mes parents pour m'avoir poussée dans mes choix, ainsi que pour m'assurer des conditions de travail idéales.

L'impact de la chirurgie du strabisme sur les mouvements des yeux en lien avec la lecture

The impact of strabismus surgery on eye movements when reading

Mots clés

Strabisme;
Chirurgie;
Lecture;
DEM test;
Dysfonctionnement oculomoteur;

Résumé

Problématique. – Nous recherchons si la présence d'un strabisme et sa chirurgie influent sur les mouvements des yeux lors de la lecture.

Matériel et méthodes. – Cette étude a été menée sur 24 enfants strabiques, âgés de 6 ans à 13 ans et 11 mois. Leurs bilans orthoptiques pré et post opératoire ont été complétés par l'examen du DEM test. Cet examen a pour but de définir la part d'un dysfonctionnement oculomoteur dans les difficultés de lecture.

Résultats. – Avant la chirurgie, les patients souffrant d'un strabisme n'ont pas nécessairement de difficultés de lecture associées à un trouble oculomoteur d'après le DEM test. La présence d'un trouble oculomoteur est plus retrouvée chez les patients atteints de strabisme convergent. Après la chirurgie, pour les patients présentant des difficultés de lecture en lien avec un dysfonctionnement oculomoteur, la part oculomotrice semble avoir diminué.

Conclusion – Malgré la faible cohorte de l'étude, les résultats post-opératoires restent très encourageants. De plus, cette étude met en évidence que la prise en charge du strabisme par les orthoptistes ne se limite pas au bilan orthoptique

Keywords

Strabismus;
Surgery;
Reading;
DEM test;
Oculomotor dysfunction;

Abstract

Purpose – We try to show if the presence of strabismus and her surgery affects eye movements when reading.

Material and methods – This study was carried out on 24 strabismic children, aged 6 to 13 years and 11 months. Their pre and post examination orthoptic assessments were supplemented by the examination of the DEM test. The purpose of this examination is to define the part of oculomotor dysfunction in reading difficulties.

Results - Before surgery, patients with strabismus do not necessarily have reading difficulties associated with an oculomotor disorder according to the DEM test. The presence of an oculomotor disorder is more found in patients with convergent strabismus. After surgery, for patients with reading difficulties related to oculomotor dysfunction, the oculomotor component seems to have decreased.

Conclusion – Despite the few patients present in the study, the post-operative results remain very encouraging. In addition, this study shows that the management of strabismus by orthoptists is not limited to the orthoptic assessment.

Introduction

Dans la littérature, on retrouve quelques auteurs qui ont cherché à mettre en évidence le lien entre le strabisme et la lecture. A contrario, peu d'ouvrages au sujet des effets de la chirurgie sur les mouvements des yeux dans la lecture, sont présents.

Nous avons donc tenté, à l'aide de notre étude, de mettre en évidence le lien entre le strabisme et sa chirurgie, avec la lecture. En effet, il est intéressant de noter qu'environ 2% des enfants âgés de 7 ans présente un strabisme (1), âge au cœur des apprentissages scolaires.

De plus, l'orthoptiste peut aussi bien dépister un strabisme, que rééduquer des patients présentant des difficultés scolaires. En ce sens, la rééducation neurovisuelle, pratiquée par l'orthoptiste, peut notamment, permettre à l'enfant présentant des difficultés en lecture, de réduire la part oculomotrice de ce trouble, s'il y en a une. De ce fait, le rôle de l'orthoptiste dans la prise en charge du strabisme peut être multiple, dans le cas où celui-ci a des répercussions sur les apprentissages scolaires.

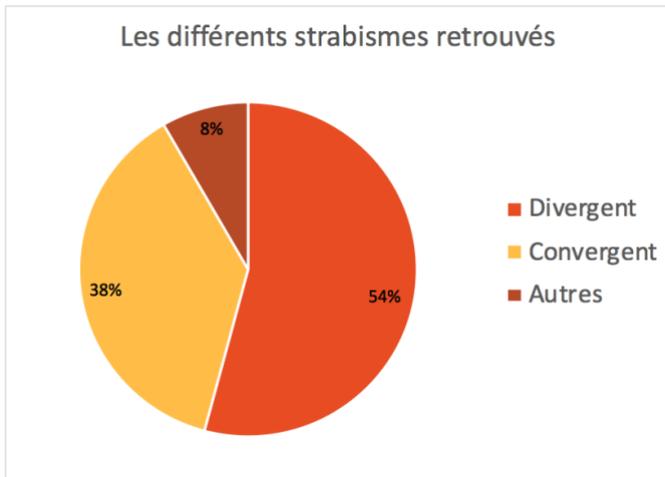
Le but de l'étude présentée dans cet article est donc de mettre en évidence les répercussions du strabisme sur les apprentissages, plus particulièrement, sur la lecture. En ce sens, nous savons que la lecture fait intervenir différentes composantes dont une composante motrice qui influence sa qualité. (2) De plus, la chirurgie est l'une des étapes primordiales dans la prise en charge de nombreux strabismes. Il peut donc être également intéressant de connaître les répercussions de cette chirurgie sur les mouvements des yeux lors de la lecture. Ainsi, les effets de celle-ci sur les apprentissages pourraient être un des indicateurs afin d'opérer au moment le

plus opportun pour le patient. A noter que d'autres indicateurs comme le devenir visuel de l'enfant sont bien évidemment prioritaires.

Matériels et méthodes

Cette étude a été menée sur 24 patients, âgés de 6 à 13 ans et 11 mois, soit la tranche d'âge pour laquelle le DEM test a été normé. Ces patients présentaient tous un strabisme avec indication chirurgicale. De ce fait, aucun strabisme n'a été exclu. L'inclusion des cas s'est déroulée sur une période de 5 mois.

Dans le cadre de cette étude, tous les patients vont effectuer un examen nommé DEM test lors de leurs bilans orthoptiques pré et post-opératoire. Le choix du DEM test s'est porté sur le fait qu'il s'agit d'un test normé et rapide, ayant pour but de mettre en évidence si un dysfonctionnement oculomoteur est responsable des difficultés de lecture. Cet examen est composé de quatre planches. Dans l'ordre de passation, deux tests de lectures verticales, un test de lecture horizontale et une planche d'étalonnage en fonction de l'âge constituent le DEM test. Les résultats des DEM tests réalisés par les patients seront interprétés par les normes italiennes conçues par Alessio Facchin et al. (3) Celles-ci sont encore peu utilisées en France mais elles permettent d'appréhender les résultats avec une plus grande précision.



De ce fait, en fonction de leur résultat les patients sont classés en quatre type et trois sous-types :

- Type 1 : le patient ne présente pas de difficultés de lecture par rapport aux enfants de son âge.
- À risque de type 2 / type 2 : un dysfonctionnement oculomoteur est responsable des difficultés de lecture.
- À risque de type 3 / type 3 : les difficultés de lecture sont dues à une difficulté d'automatisation de la dénomination.
- À risque de type 4 / type 4 : un trouble oculomoteur ainsi qu'une difficulté à nommer les chiffres sont responsables des difficultés de lecture.

Ainsi, les patients ont effectué un bilan orthoptique pré-opératoire lors duquel le DEM test a également été réalisé. Les résultats du DEM test seront ainsi corrélés aux différentes informations obtenues par le bilan orthoptique tel que le type de strabisme, l'œil strabique, la valeur de son angle. Par la suite, ils vont effectuer de nouveau l'examen du DEM test lors du

bilan orthoptique post-opératoire, un mois après l'intervention.

Résultats

Lors de l'analyse des résultats de l'étude, nous pouvons constater que la majorité des strabismes retrouvés sont des strabismes divergents. On retrouve également 38 % de strabismes convergents ainsi qu'une hypotropie et enfin une paralysie des deux éleveurs.

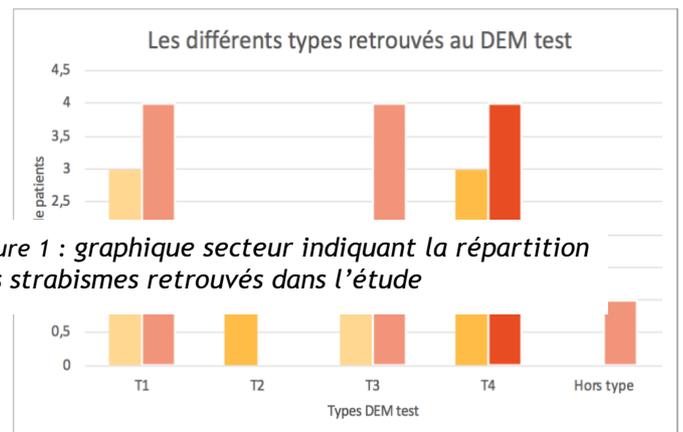


Figure 1 : graphique secteur indiquant la répartition des strabismes retrouvés dans l'étude

Figure 2 : graphique comparatif entre les strabismes convergents et divergents selon leur type au DEM test

Ce graphique nous indique en rouge les différents types retrouvés au DEM test pour les patients souffrant de strabismes divergents. Ainsi, on constate que parmi les 13 patients, le DEM test révèle que 4 d'entre eux auraient des difficultés de lecture dues en partie à un trouble oculomoteur. Ces patients sont donc de type 4 au DEM test. De plus, ils étaient atteints pour 3 d'entre eux d'un strabisme de l'œil droit, et pour le dernier d'un strabisme alternant.

Nous allons poursuivre l'analyse des résultats avec les patients atteints d'un strabisme convergent, représentés en jaune sur le graphique ci-dessus. Au sein de ces patients, 5 d'entre eux souffrent de difficultés de lecture associées à un dysfonctionnement oculomoteur. Ces patients sont donc de type 2 ou 4 au DEM test. De plus, tous les patients atteints

d'un strabisme convergent associé à un trouble oculomoteur avaient un strabisme de l'œil gauche, en dehors d'un patient atteint d'un strabisme convergent de l'œil droit.

Pour finir dans l'analyse des résultats pré-opératoires, les deux derniers patients ne présentent pas de difficultés de lecture en lien avec un trouble oculomoteur d'après le DEM test.

	Type de strabisme pré op	Type au DEM test pré op	Type au DEM test post op
1	Divergent intermittent	4	3
2	Convergent	2	1
3	Divergent consécutif	4	2
4	Divergent intermittent	3	3
5	Convergent	1	1

Tableau 1 : tableau comparatif des résultats pré et post opératoire au DEM test

Concernant les résultats post-opératoires, à ce jour, seulement 5 patients opérés de leur strabisme ont pu effectuer le DEM test un mois après leur opération. En effet, les délais de cette étude étaient relativement courts et n'ont pas permis d'obtenir une cohorte plus importante. Parmi les 5 patients, 3 d'entre eux souffraient de difficultés de lecture associées à un dysfonctionnement oculomoteur. De ce fait, pour 2 patients le DEM test post opératoire révèle que le trouble oculomoteur dans les difficultés de lecture n'est plus présent. Quant au dernier patient, un dysfonctionnement oculomoteur est toujours responsable de difficultés de lecture. Enfin, les deux autres patients opérés d'un strabisme ne

souffraient pas de difficultés de lecture associées à un trouble oculomoteur d'après le DEM test avant l'opération. Lors du DEM test post-opératoire, ces patients n'ont toujours pas de de difficultés de lecture en lien avec un trouble oculomoteur.

Pour conclure sur les résultats obtenus dans cette étude, les résultats pré-opératoires révèlent qu'un strabisme n'engendre pas nécessairement de difficultés de lecture associées à une part oculomotrice. Plus précisément, les strabismes divergents seraient moins responsables de difficultés de lecture associées à un trouble oculomoteur en comparaison au strabisme convergent. Cependant, la cohorte de l'étude est faible et permet seulement d'émettre cette hypothèse. De plus, on peut également émettre l'hypothèse que les mouvements des yeux lors de la lecture sont plus perturbés lorsque l'œil strabique est l'œil droit, pour les strabismes divergents. A contrario, pour les strabismes convergents ces difficultés seraient plus fréquentes lorsque le strabisme touche l'œil gauche.

Quant aux résultats post-opératoires, ils sont très encourageants. En effet, seulement un patient présente encore des difficultés de lecture associées à un dysfonctionnement oculomoteur. En ce sens, ces résultats nous laissent penser que l'opération du strabisme a permis d'annuler la part oculomotrice dans les difficultés de lecture.

Discussion

Les données obtenues dans le cadre de cette étude ont permis d'émettre l'hypothèse, à l'aide du DEM test, que certains strabismes pouvaient engendrer des difficultés de lecture liées à l'impact du strabisme sur les mouvements des

yeux. Cet impact serait plus souvent retrouvé pour des strabismes convergents de l'œil gauche ou des strabismes divergents de l'œil droit.

Kanonidou et al. avaient déjà étudié les stratégies oculomotrices chez des patients strabiques et amblyopes. Les résultats des patients strabiques avaient été comparés à un groupe témoin. Ils ont observé une vitesse de lecture en binoculaire plus faible chez les strabiques que dans le groupe témoin. D'un point de vue oculomoteur, une augmentation du nombre de saccades régressives et une augmentation de la durée des fixations avaient été mises en évidence chez les sujets strabiques. A contrario, l'amplitude des saccades ne varie pas. (4)

Par la suite, Cynthia Lions et al. ont cherché à analyser les mouvements de saccades ainsi que les moments de fixations chez les enfants strabiques lors de la lecture. Tout comme dans l'étude précédente, le groupe de sujets strabiques, comprenant des strabismes avec ou sans vision binoculaire, a été comparé à un groupe de témoin. Les résultats ont montré que l'amplitude des saccades était similaire dans les deux groupes. Cependant, la coordination binoculaire pendant et après les saccades était moins bonne chez les strabiques. Plus précisément, ils ont observé que la dis-jonction pendant et après les saccades était moindre chez les strabiques avec vision binoculaire que chez ceux sans vision binoculaire. Pour finir, la durée de fixation a été allongée chez les patients strabiques (avec et sans vision binoculaire). Les auteurs ont précisé que la durée de fixation allongée peut être la conséquence de la mauvaise coordination binoculaire en fin de saccade, retardant ainsi le traitement linguistique du mot. (5)

En 2015, Kelly et al. avaient quant à eux montré l'impact de l'amblyopie lors de la lecture. Ils ont comparé les performances de lecture chez des enfants amblyopes avec des enfants strabiques non amblyopes et un groupe témoin. Ils ont mis en évidence le fait que les enfants amblyopes ont une lecture plus lente et réalisent plus de saccades que des enfants non amblyopes. Par enfant non amblyope nous entendons aussi bien des patients avec ou sans strabisme. (6)

Selon les données retrouvées dans les différentes études publiées, les amblyopes présentent des saccades plus nombreuses et moins précises. Ceci pourrait probablement être la conséquence d'un scotome de fixation monoculaire. De plus, comme l'amblyopie, l'absence de vision binoculaire serait responsable d'un dysfonctionnement oculomoteur lors de la lecture. En plus des études présentées ci-dessus, l'étude réalisée par Clotuche et al. va également dans ce sens-là. (7)

A contrario des études montrant l'impact du strabisme sur la lecture, peu d'auteurs ont mis en évidence l'impact de la chirurgie du strabisme sur la lecture.

Kapoula et al. ont réalisé une étude comparative sur la vitesse et la précision des saccades et des vergences avant et après chirurgie du strabisme. Avant l'opération, les mouvements de saccades étaient identiques pour le groupe de sujet strabique et pour le groupe témoin. Par contre, ils ont observé que les mouvements de vergences seraient moins précis et plus lents chez les sujets strabiques. Suite à l'opération, les mouvements de vergences des patients strabiques se sont normalisés. (8)

De ce fait, cette étude met en évidence que le bénéfice qu'apporte la chirurgie sur les mouvements de vergences pour les patients strabiques. De plus, d'après notre étude, la chirurgie du strabisme permettrait de réduire voire même d'annuler les difficultés de lecture lorsque celles-ci sont liées à un dysfonctionnement oculomoteur.

Enfin, Legrand et al. ont montré que la chirurgie du strabisme a des effets sur les propriétés somatosensorielles des muscles extra-oculaires. De ce fait, le contrôle postural serait amélioré suite à l'opération de leur strabisme. (9)

Pour conclure, les résultats retrouvés dans les différentes études montrent l'impact positif de la chirurgie du strabisme sur les patients. En ce sens, les conséquences du strabisme ne se limitent pas au défaut visuel, elles engendrent des répercussions sur l'ensemble du corps humain ainsi que sur les apprentissages scolaires du patient. De ce fait, les résultats post-opératoires du strabisme semblent être très favorables pour le devenir du patient. Cependant, trop peu d'études sont présentes à ce sujet, et il serait donc pertinent de poursuivre des études sur l'impact de la chirurgie du strabisme sur les apprentissages.

Pour aller plus loin, cette étude pourrait être complétée avec un examen sous oculomètre. Cet outil permettrait d'augmenter la précision et la fiabilité des résultats. De plus, la poursuite de cette étude sur l'année qui va suivre va également permettre d'augmenter le nombre de patients présents. En ce sens, les résultats prochainement obtenus permettront d'orienter plus justement les hypothèses.

Bibliographie

1. Chatard H. Rappels théoriques : Strabisme. :4.
2. Routon M. Oculomotricité, lecture et orthoptie. Revue Francophone d'Orthoptie. janv 2015;8(1):38-44.
3. Facchin A, Maffioletti S, Carnevali T. The Developmental Eye Movement (DEM) Test: Normative Data for Italian Population. optometry and vision development. 1 janv 2012;43:162-79.
4. Kanonidou E, Proudlock FA, Gottlob I. Reading Strategies in Mild to Moderate Strabismic Amblyopia: An Eye Movement Investigation. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1 juill 2010;51(7):3502-8.
5. Lions C, Bui-Quoc E, Seassau M, Bucci MP. Binocular Coordination of Saccades During Reading In Strabismic Children. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1 janv 2013;54(1):620-8.
6. Kelly KR, Jost RM, De La Cruz A, Birch EE. Amblyopic children read more slowly than controls under natural, binocular reading conditions. Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. 1 déc 2015;19(6):515-20.
7. Clotuche B, Dorizy N, Franquelin M, Kuhne P, Lakhdar M, Massart S, et al. Strabisme et lecture : incidence du strabisme sur des tests de lecture chez des enfants de 8 à 11 ans. Journal Français d'Ophtalmologie. 1 nov 2016;39(9):756-64.
8. Kapoula, BUCCI, BREMOND. Vitesse et précision des saccades et des vergences chez des strabiques avant et après chirurgie. Journal Français d'Ophtalmologie. 1 avr 2009;32:1S25.
9. Legrand A, Quoc EB, Vacher SW, Ribot J, Lebas N, Milleret C, et al. Postural control in children with strabismus: Effect of eye surgery. Neuroscience Letters. 26 août 2011;501(2):96-101.

1	INTRODUCTION.....	- 1 -
2	LES MOUVEMENTS DES YEUX DANS LA LECTURE.....	- 2 -
2.1	L'OCULOMOTRICITE D'UN POINT DE VUE ANATOMIQUE ET MOTEUR	- 3 -
2.2	LES SACCADÉS.....	- 4 -
2.3	LA FIXATION.....	- 5 -
2.4	LES VERGENCES.....	- 6 -
2.5	LA LECTURE D'UN POINT DE VUE COGNITIF	- 7 -
3	LE STRABISME ET SA CHIRURGIE.....	- 9 -
3.1	LE STRABISME.....	- 9 -
3.1.1	<i>Généralités.....</i>	- 9 -
3.1.2	<i>Différents types de strabismes</i>	- 9 -
3.2	LA CHIRURGIE DU STRABISME	- 11 -
3.2.1	<i>Généralités.....</i>	- 11 -
3.2.2	<i>Esotropies</i>	- 11 -
3.2.3	<i>Exotropies.....</i>	- 12 -
4	PRESENTATION DU DEM TEST	- 14 -
4.1	LE DEROULEMENT DU TEST	- 14 -
4.2	LES RESULTATS	- 15 -
4.2.1	<i>Normes classiques.....</i>	- 16 -
4.2.2	<i>Normes italiennes.....</i>	- 17 -
4.3	LES LIMITES.....	- 18 -
5	ETUDE	- 19 -
5.1	INTRODUCTION.....	- 19 -
5.2	LE PROTOCOLE DE L'ETUDE	- 20 -
5.3	LES RESULTATS	- 21 -
5.3.1	<i>Analyse des résultats avant chirurgie du strabisme</i>	- 22 -
5.3.2	<i>Analyse des résultats après chirurgie du strabisme.....</i>	- 24 -
5.3.3	<i>Interprétation des résultats.....</i>	- 25 -
6	DISCUSSION.....	- 26 -
6.1	LA LECTURE CHEZ LES ENFANTS STRABIQUES.....	- 26 -
6.2	L'OPERATION DU STRABISME ET MOUVEMENTS DES YEUX.....	- 28 -
6.3	POUR ALLER PLUS LOIN.....	- 29 -
7	CONCLUSION.....	- 30 -

1 Introduction

L'orthoptie est une discipline regroupant de nombreux champs d'action. Parmi eux, on retrouve notamment la strabologie et le neurovisuel. Lorsqu'un patient consulte dans le cadre de son strabisme, l'orthoptiste va généralement le prendre en charge pour corriger son défaut visuel et les conséquences directes de celui-ci tel qu'une amblyopie. Cependant, il peut être également intéressant de connaître les difficultés qu'engendre le strabisme sur les apprentissages scolaires, afin d'apporter la meilleure prise en charge possible au patient.

En ce sens, le strabisme est un syndrome qui touche environ 2% des enfants à l'âge de 7 ans, âge au cœur de l'apprentissage de la lecture. De plus, nous savons qu'un dysfonctionnement oculomoteur peut être responsable de difficultés de lecture. Ces difficultés peuvent être prises en charge par un orthoptiste lors de séances de rééducation neurovisuelle. En effet, la vision est l'un des piliers des apprentissages. De plus, environ 2 à 3% des enfants de 5 ans présenteraient un trouble neurovisuel. La place de l'orthoptie est ainsi primordiale.

De ce fait, le but de ce mémoire est de mettre en évidence le lien entre le strabisme, sa chirurgie et la lecture.

Les premières parties de ce mémoire seront consacrées à quelques généralités sur les mouvements des yeux dans la lecture ainsi que sur le strabisme et sa chirurgie. Ce mémoire se poursuivra avec la présentation de l'étude réalisée afin de mettre en évidence l'impact du strabisme et de sa chirurgie sur la lecture. Enfin, la dernière partie intitulée discussion permettra de corréler l'étude réalisée dans le cadre de ce mémoire avec d'autres études présentes dans la littérature.

2 Les mouvements des yeux dans la lecture

La lecture est un acte complexe qui fait intervenir quatre composantes :

- Sensorielle : la lecture dépend notamment de l'acuité visuelle, de l'accommodation, de la vision binoculaire et du champ visuel.
- Motrice : les mouvements des yeux (motilité, motricité conjuguée) influencent la lecture,
- Perceptive : le mot lu est capté par la rétine puis transmis au cortex cérébral occipital,
- Cognitive : permettant la compréhension de ce qui est lu (décodage, analyse et sens).

La lecture implique ainsi le « contrôle cognitif » et l'« oculomotricité ». Au niveau moteur, lors de la lecture, les yeux alternent entre des mouvements de saccades et des moments de fixations. (1) L'oculomotricité dans la lecture dépend de processus de « bas » niveau ou de niveau précoce, correspondant aux processus périphériques engagés. Pour que la lecture soit rapide et qualitative, les mouvements des yeux doivent être coordonnés, précis et nécessitent une grande automatisation. (2) Ainsi, les enfants présentant des difficultés de lecture peuvent présenter des troubles de l'oculomotricité associés. La rééducation de ces troubles pourrait, en ce sens, améliorer la qualité de la lecture.

2.1 L'oculomotricité d'un point de vue anatomique et moteur

La fonction visuelle fait intervenir deux composantes :

- l'acuité visuelle, permettant de transmettre les informations captées par la rétine au système nerveux,
- et l'oculomotricité.

En ce sens, l'oculomotricité est tout aussi indispensable à la fonction visuelle, et permet d'adapter en permanence la position de nos yeux. L'oculomotricité repose aussi bien sur des mouvements volontaires que sur des mouvements involontaires ou automatiques.

Au niveau anatomique, le contrôle oculomoteur dépend de plusieurs systèmes:

- Le système de commande de l'oculomotricité qui transmet l'information aux générateurs. Il peut être localisé soit dans le tronc cérébral, ou au niveau cortical en fonction du type de mouvement.
- Le système pré-moteur est le système qui va générer le mouvement. Celui-ci est situé dans le tronc cérébral, et est également différent pour chaque type de mouvement.
- Le système d'exécution correspond aux nerfs oculomoteurs et aux muscles. Il est la voie finale commune à tous les types de mouvements.
- Le système de contrôle va assurer que le mouvement a été correctement exécuté et avec précision. (3)

Au niveau moteur, il existe six muscles oculomoteurs composés de quatre muscles droits et deux muscles obliques pour chaque œil. Ces muscles sont associés entre eux ainsi qu'aux muscles oculomoteurs de l'autre œil permettant d'effectuer les différents mouvements. En fonction des mouvements, ils peuvent être synergiques ou antagonistes, assurant ainsi la mobilité et la coordination des yeux. (2)

Ainsi, la qualité de l'oculomotricité et l'intégrité du fonctionnement de chacun des muscles oculomoteurs permettent les mouvements oculaires. Une commande oculomotrice adaptée entraîne un mouvement oculaire finalisé par la fixation qui donne accès à la perception centrale. La motricité conjuguée (fixation, poursuite, saccades) ou disconjuguée (vergence) représentent les différentes praxies visuelles indispensables à la vision. (4)

2.2 Les saccades

Une saccade est un mouvement bref des deux yeux dans le même sens, entre deux positions stables. Elle peut être horizontale, verticale ou oblique et est initiée par la rétine périphérique. Elle permet d'orienter les yeux pour amener l'information visuelle d'intérêt sur la fovéa (1). Les paramètres de vitesse et de durée de la saccade sont influencés par les processus cognitifs. A contrario, la précision de la saccade est relativement indépendante du contexte dans lequel elle est réalisée (5).

Au fur et à mesure que nous lisons, nos yeux se déplacent d'un endroit à l'autre de la page par sauts rapides, ce sont les saccades. (6) Elles sont des mouvements indispensables précédant chaque nouvelle fixation. Pour une lecture dite « experte », elles doivent être précises pour positionner la fovéa, zone de meilleure vision, sur les caractères à lire. De plus, les saccades doivent être rapides, la vitesse de la saccade est croissante puis diminue avant la stabilisation sur la zone de fixation recherchée. (2)

On distingue trois types de saccades indispensables pour lire :

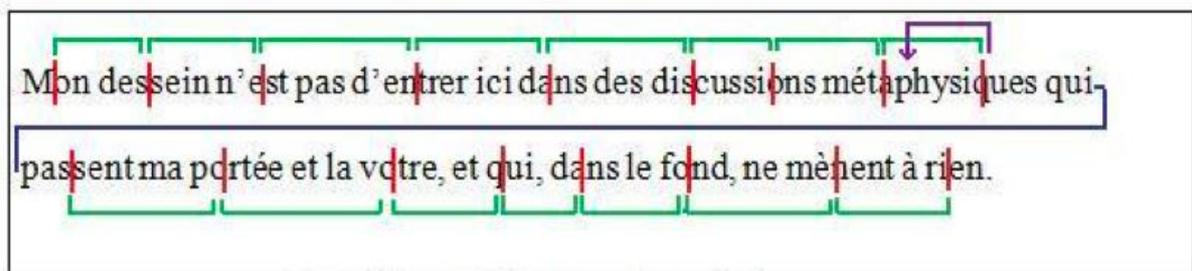
- Les saccades de progression : saccades très brèves dans le sens de la lecture. Généralement de grande amplitude, elles varient en fonction des personnes et du support. En effet, la qualité d'impression, la longueur des lignes, l'espacement des caractères, la typographie influencent les saccades. La taille du mot qui va être lu conditionne l'amplitude de la saccade. Pour les mots courts, la position optimale est de se placer au milieu, et légèrement à gauche du milieu pour les mots longs.
- Les saccades de régression : ce sont des saccades de correction, de faible amplitude dans le sens opposé à la lecture. Elles peuvent être induites pour différentes raisons : pour le retour à une information non saisie, le retour à une zone dont le sens demande une opération mentale, pour rattraper un retard de compréhension (dans le cas où les yeux sont allés plus vite que la compréhension même du texte), ou pour mieux se placer sur ce mot. Elles représentent 10 à 15 % du nombre de saccades totales. Elles dépendent de la difficulté de compréhension du texte pour le lecteur. Lorsqu'elles sont trop nombreuses elles diminuent la vitesse de lecture et perturbent sa compréhension.
- Les saccades de retour à la ligne : saccades obliques de grande amplitude pour passer à la ligne suivante. (1)

2.3 La fixation

La fixation correspond au maintien « stable » d'une image, de caractères lors de la lecture, sur la fovéa. (1) En réalité, nos yeux ne sont jamais immobiles, des micromouvements (microsaccades, tremor, drifts) permanents permettent de réduire la disparité de fixation présente en fin de saccades. (8). La fixation permet le traitement linguistique de ce qui est lu. Ce dernier doit intégrer les informations captées aux informations saisies antérieurement. Le nombre d'informations acquis lors d'une fixation dépend de l'empan visuel.

Ainsi, l'empan visuel est le nombre de lettres perçu en une seule fixation. Autrement dit, il s'agit de l'étendu du champ visuel permettant la perception des lettres. Au-delà de l'empan visuel, les lettres ne sont plus perçues car l'acuité visuelle est trop faible. Le nombre de lettres perçu à droite et à gauche du point de fixation sont identiques, il est donc symétrique.

D'autre part, l'empan perceptif dépend du lexique acquis par l'individu. Il est asymétrique car constitué d'environ 15 lettres à droite et d'environ 4 lettres à gauche. Cette asymétrie s'inverse pour un sens de lecture de gauche à droite. La taille de l'empan perceptif peut varier en fonction de la difficulté du texte et de l'âge. (1)



Extrait d'un texte de Rousseau : La morale du cœur

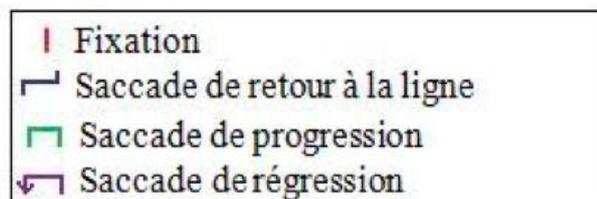


Figure 1 : exemple de mouvements des yeux effectués lors de la lecture

2.4 Les vergences

Pour amener un mot après l'autre sur la fovéa, les yeux doivent exécuter plusieurs saccades horizontales tout en maintenant l'angle de vergence stable. En effet, la lecture est essentiellement une activité à distance rapprochée. Elle exige le maintien d'une convergence appropriée. (7) Les vergences sont des mouvements disconjugués permettant ainsi d'orienter les yeux dans des directions opposées pour placer l'image d'un objet sur la fovéa. Lors de ces mouvements, les yeux changent de distance de fixation. (1)

De très faibles mouvements de divergence et de convergence, sont effectués lors de l'exercice de lecture, permettant de réduire les disparités de fixation. L'amplitude des mouvements de vergences est corrélée avec l'amplitude de la saccade. Plus la disparité en fin de saccade sera importante, plus le temps de fixation sera long, permettant de favoriser une meilleure action du mouvement de vergence. En ce sens, il y a un rapport particulier entre la longueur des saccades, l'amplitude de disparité pré-saccade et la durée de fixation post-saccade. Cette étroite corrélation permet de maintenir la qualité de la vision. (8)

De plus, une étude réalisée par Daniel et al. a montré que la rééducation orthoptique (à l'aide des barres de prisme notamment) chez des personnes souffrant d'insuffisance de convergence et de trouble de l'accommodation améliorerait non seulement les vergences mais également le contrôle binoculaire des saccades et des fixations pendant la lecture. (7)

2.5 La lecture d'un point de vue cognitif

Au niveau cognitif, la lecture comprend deux composantes, l'identification du mot écrit puis la compréhension du texte. La compréhension ne peut se faire sans l'identification, au préalable, des mots écrits. L'identification se fait à partir d'un processus de représentation des unités et d'une représentation orthographique. La compréhension, quant à elle, met en jeu des processus locaux qui permettent un traitement linguistique. Il s'agit ainsi d'un mécanisme de plus haut niveau cognitif se construisant au cours de la lecture. (9)

De multiples modèles de lecture ont été proposés, donnant lieu à de nombreux débats. Ces modèles visent à comprendre le fonctionnement cognitif d'un lecteur dit expert. Parmi eux, on retrouve notamment, le modèle LCD signifiant Local Combination Detectors de Dehaene et al.

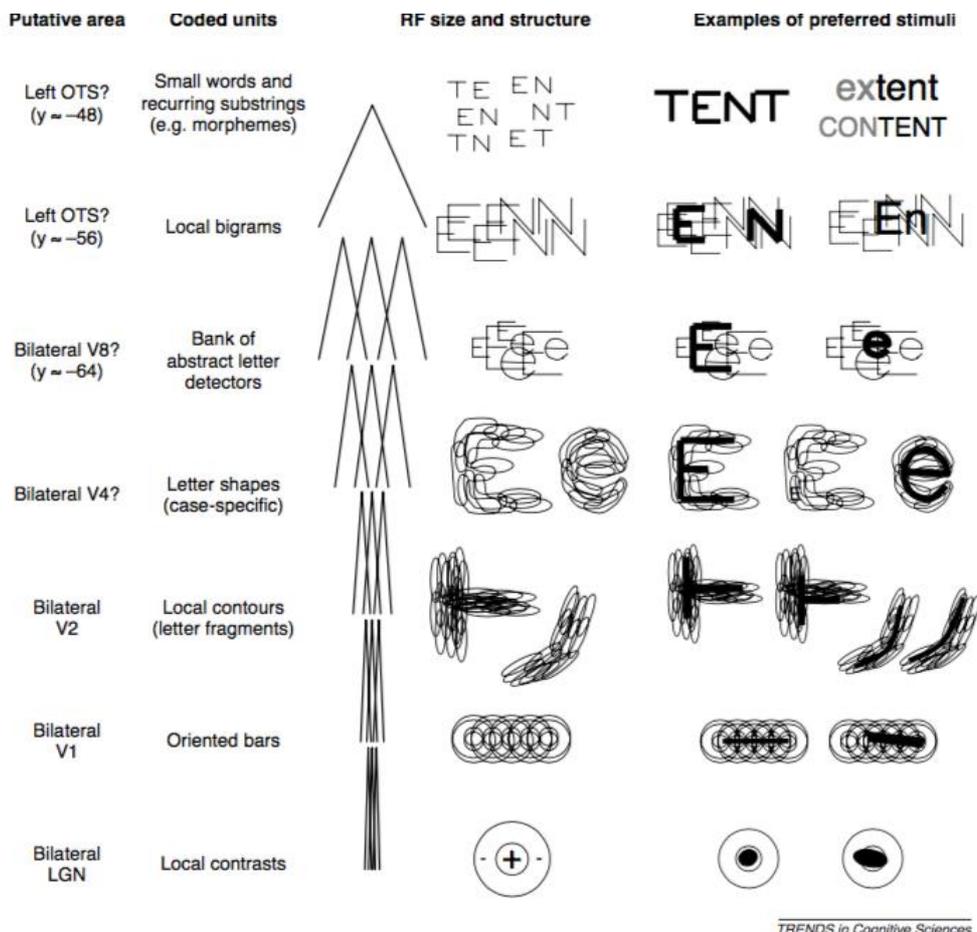


Figure 2 : modèle LCD par Dehaene et al, 2005

Selon le modèle LCD, l'identification des mots écrits est permise grâce à l'étroite corrélation entre la voie ventrale et dorsale. D'une part, la voie ventrale permet la reconnaissance rapide, parallèle et automatique des mots écrits. D'autre part, la voie dorsale contribue à la lecture sérielle et attentive. (10)

L'accès à la compréhension d'un texte est permis grâce à plusieurs étapes :

1. L'identification du mot qui se doit d'être rapide et précise
2. L'analyse syntaxique
3. L'intégration des propositions avec leur signification
4. La combinaison des différentes propositions permise par la cohésion et la cohérence du texte
5. La construction d'un modèle mental de la situation

En ce sens, comprendre un texte nécessite la reconnaissance des mots, tout comme, cela nécessite également l'activation de connaissances sémantiques et syntaxiques. (9)

3 Le strabisme et sa chirurgie

3.1 Le strabisme

3.1.1 Généralités

Le strabisme est, d'après la définition de Lanthony, « un syndrome oculomoteur avec deux composantes :

- Une composante motrice : des deux yeux dit « œil dévié », occupant, par rapport à l'autre œil, dit « œil dominant » (ou directeur ou fixateur), une position anormale dite « déviation strabique » tel que son axe visuel ne passe plus, en général, par le point de fixation,
- Une composante sensorielle : altération de la vision binoculaire due au fait qu'un stimulus donné ne forme plus ses images rétiniennes sur des points rétiens correspondants des deux yeux, ce qui produit des phénomènes pathologiques de compensation. » (11)

Un strabisme est caractérisé par un angle de déviation, un sens de déviation, un œil fixateur, un âge d'apparition, un défaut de parallélisme des axes visuels intermittent ou constant, et une correspondance rétinienne plus ou moins perturbée. Le strabisme peut être présent en vision de loin et/ou en vision de près. (12)

Le strabisme est soit le signe d'un syndrome fonctionnel dans le cas des strabismes concomitants, convergents ou divergents, soit le signe d'un syndrome organique dans le cas des strabisme incommittants paralytiques, neurogène ou myogène. (13) Les strabismes fonctionnels dit concomitants sont les plus fréquents. Un strabisme est considéré comme concomitant quand l'œil dévié suit l'œil fixateur dans toutes les directions du regard : l'angle de déviation ne change pas significativement dans les directions du regard ni selon l'œil fixateur et il n'y a pas de limitation des ductions monoculaires. (14)

3.1.2 Différents types de strabismes

Dans la littérature on retrouve de nombreuses classifications différentes.

3.1.2.1 *Esotropies ou strabisme convergent*

Premièrement, les strabismes convergents congénitaux (ou précoces) peuvent apparaître dans les premiers mois de vie, de la naissance à 4 mois. (15) Cliniquement, on retrouve un grand angle de déviation (supérieur à 40 dioptries), une absence de vision binoculaire, une amblyopie, un torticolis de fixation, un nystagmus manifeste latent, ainsi qu'une déviation verticale dissociée (DVD). La prise en charge de ces strabismes débute par le port de la correction optique totale (COT), suivront la prise en charge de l'amblyopie et un traitement par toxine botulique et/ou une chirurgie. (10)

Deuxièmement, les strabismes normosensoriels sont d'apparition le plus souvent brutale et tardive vers l'âge de 3 ou 4 ans. On retrouve généralement une diplopie qui est manifesté par l'enfant en fermant un œil. Cette diplopie fait rapidement place à une neutralisation, montrant ainsi l'importance d'une prise en charge rapide. Ces strabismes ont une déviation qui se situe entre 30 et 40 dioptries avec un œil fixateur malgré l'iso-acuité. La vision binoculaire est normale. (15)

Troisièmement, les strabismes accommodatifs ou partiellement accommodatifs sont dûs à une hypermétropie non ou mal corrigée. Il existe différents types de strabismes accommodatifs pour lesquels la prise en charge sera différente. (10)

3.1.2.2 *Exotropies ou strabisme divergent*

Les exotropies sont décrites comme moins fréquentes et d'apparition plus tardive que les ésootropies.

Les strabismes divergents congénitaux sont beaucoup plus rares que les ésootropies congénitales mais leur tableau clinique est assez proche. En effet, ce sont également des strabismes de grand angle associé à une DVD, un nystagmus manifeste latent, une vision binoculaire absente et une amblyopie. (15)

Les strabismes divergents intermittents (SDI) sont les plus fréquents des strabismes divergents. Au début, ils sont toujours intermittents. La compensation de cette divergence, permettant de maintenir l'alignement des axes visuels, est assurée par les vergences essentiellement fusionnelles. On considère généralement que le strabisme n'est pas divergent par intermittence mais permanent et compensé par intermittence. Dans la majorité des cas, la déviation se manifeste en vision de loin. (15)

3.2 La chirurgie du strabisme

3.2.1 Généralités

Les techniques utilisées sont très variées mais le plus souvent les chirurgies sont horizontales, unilatérales, sur deux muscles. (13)

La chirurgie n'est qu'une étape dans la prise en charge d'un strabisme. Le traitement médical est essentiel et encadre le strabisme aussi bien en amont qu'après la chirurgie. (15)

3.2.2 Esotropies

Le but de la chirurgie du strabisme convergent est de corriger la déviation strabique en choisissant le moment le plus opportun afin d'obtenir le meilleur résultat binoculaire possible. Cette chirurgie permet de :

- Corriger la déviation strabique de façon à ce qu'une binocularité normale puisse se rétablir. Dans ce cas, la chirurgie vise l'orthoposition en post opératoire.
- Ou à défaut qu'une binocularité anormale mais performante puisse se développer. Dans ce cas, la chirurgie vise une microtropie résiduelle la plus minime possible en post opératoire.
- Eliminer une diplopie éventuelle,
- Restaurer une position normale de la tête,
- Elargir le champ de vision,
- Normaliser le regard, dont l'impact psychologique et social est fortement ressenti.

Les strabismes dont la vision binoculaire est en jeu sont des strabismes à opérer rapidement, il s'agit des strabismes normosensoriels. Après le port de la COT pour annuler l'excès accommodatif lié à l'hypermétropie, une intervention chirurgicale sera rapidement proposée. Le but est de rétablir l'usage des capacités fusionnelles normales, de supprimer la diplopie et ainsi de récupérer une vision binoculaire normale. (13) Seul une ésophorie post-opératoire est d'observation courante. (15)

Les enfants atteints d'ésotropie précoce pourront être opérés après l'âge de deux ans, autrement dit à partir du moment où la déviation sera plus ou moins stabilisée et où les différentes composantes de la déviation pourront être identifiées et mesurées. (13) Lorsque la déviation est très importante, l'étude des verticalités, DVD ou hyperactions des obliques sera difficile, et l'intervention portera ainsi sur l'élément horizontal. Lorsqu'il est possible de faire un examen précis des verticalités, les éléments verticaux et horizontaux sont traités en un seul temps chirurgical. (15) La microtropie visée est au moins inférieure ou égale à 8 dioptries, au mieux inférieure ou égale à 4 dioptries. De nombreux débats persistent sur l'âge opportun pour l'opération d'une esotropie précoce. En effet, une minorité d'auteurs sont partisans d'une chirurgie plus précoce visant l'orthotropie, avant la fin de la période de plasticité sensorielle binoculaire, pour obtenir une vision binoculaire normale.

Pour finir avec les strabismes convergents, les strabismes accommodatifs purs ne sont jamais opérés tant que l'enfant est orthotrope de loin et de près avec le port de sa COT. De même les strabismes accommodatifs hypoaccommodatifs ne doivent pas être opérés. (13)

3.2.3 Exotropies

Concernant les strabismes divergents intermittents, le traitement chirurgical est généralement indiqué pour un angle égal ou supérieur à 15 dioptries, et en cas de mauvais contrôle. La chirurgie est également conseillée en cas de :

- Détérioration du contrôle du SDI,
- Détérioration de la vision stréoscopique,
- Développement d'une suppression,
- De signes fonctionnels : asthénopie, diplopie ; chez les enfants, le SDI peut également entraîner des troubles des apprentissages (16)
- D'une augmentation de l'angle, ou de l'échec des autres traitements.

Concernant l'âge optimal de la chirurgie, de nombreux débats persistent à l'heure actuelle. Avant l'âge de 4 ans, le risque principal du SDI est de développer une suppression ce qui peut inciter à une chirurgie précoce. Cependant, la chirurgie précoce expose probablement à plus de réinterventions chirurgicales. Dans ce cas, avant d'opter pour la chirurgie, il est préférable de mettre en place un traitement d'occlusion pour permettre de repousser l'âge de l'intervention.

En générale, une seule intervention n'est pas suffisante dans les SDI. C'est pourquoi, les chirurgiens surcorrigent volontairement pour obtenir une ésoptropie en post-opératoire. Les patients sont souvent satisfaits de leur intervention et une amélioration du contrôle est observé. Cette opération permet d'améliorer le confort des patients ayant des signes fonctionnels, ainsi que le retentissement social lié à l'amélioration esthétique du strabisme. (17)

Enfin, les exotropies précoces répondent du même principe de traitement chirurgical que les SDI. En ce sens, en post opératoire on vise une sur correction en esotropie qui est généralement bien toléré chez l'enfant. (16) L'intervention précoce n'est pas souhaité car l'évolution de ces strabismes est assez imprévisble, l'angle pouvant diminuer spontanément. (15)

4 Présentation du DEM test

Le Developmental Eye Movement (DEM) test est un examen permettant d'évaluer les mouvements des yeux (fixation et saccades) pendant la lecture. Il s'agit d'un test étalonné, fondé sur la comparaison de la vitesse et de la qualité de lecture de chiffres. Ces chiffres sont présentés de façon verticale puis horizontale. Il est généralement utilisé lors d'un bilan orthoptique neuro visuel lorsque le patient présente des difficultés de lecture. Selon les résultats du test, on pourra donc déterminer la part du trouble oculomoteur par rapport à la difficulté d'automatisation de la dénomination. Le DEM test est fait pour des enfants de 6 à 13 ans et 11 mois. On peut également le réaliser chez les adultes en prenant comme référence la dernière tranche d'âge. En effet, l'oculomotricité et la vitesse de dénomination sont matures à cet âge-là. (18)

4.1 Le déroulement du test

Le DEM test est composé de 5 planches. Dans l'ordre, nous avons le pré-test, le test A (test de lecture verticale), le test B (test de lecture verticale), le test C (test de lecture horizontale) et une planche d'étalonnage en fonction de l'âge. On commence ainsi l'examen avec le pré-test. Avant de débiter, on peut proposer aux patients de tenir le DEM test « comme s'il tenait un livre pour lire ». Le pré-test est une planche composée de 10 chiffres de 1 à 9 alignés horizontalement. La lecture doit se faire à voix haute de gauche à droite. Pour que le pré-test soit validé, le patient doit le réaliser en moins de 7 à 12 secondes selon les auteurs. Si le pré-test est validé, on peut poursuivre l'examen. Dans le cas contraire, il faudra le noter dans le compte rendu du bilan orthoptique. (19)

Généralement, les patients qui ne valident pas le pré-test sont des enfants qui présentent des difficultés à reconnaître les chiffres, ou ayant un trouble du langage oral. Les adultes qui présentent des troubles de la reconnaissance visuelle ou de l'accès au mot ne pourront également pas réussir le pré-test. Ainsi, dans le cas où le pré-test est validé on peut passer au test A puis au test B. Ces deux tests sont similaires. Avant de débiter le test, il est important d'expliquer au patient en lui montrant avec le doigt comment il va devoir lire les chiffres. On doit également lui préciser qu'il va devoir lire ces chiffres le plus vite possible et sans l'aide de son doigt. Ces deux tests sont composés de deux colonnes de 20 chiffres (40 chiffres au total). Pour ces tests, la lecture se fait de haut en bas, en débutant par la première colonne puis en enchainant par la deuxième. Lors de ces tests, le doigt curseur n'est pas autorisé car on étudie le mouvement des yeux. L'examineur chronomètre puis note le temps réalisé ainsi que les erreurs commises. Les erreurs commises sont généralement faibles dans les tests de lectures verticales. Une fois ces deux tests réalisés, on peut passer au dernier test, le test C. Tout comme pour les tests précédents, on explique et montre au patient comment il va devoir lire ces chiffres, toujours le plus rapidement possible et sans l'aide du doigt. Le Test C est composé 16 lignes de 5 chiffres (80 chiffres au total). (18)

Pour ce test, la lecture se fait de gauche à droite, comme lors de la lecture d'un texte. L'examineur se doit d'être très attentif pour noter les erreurs commises. Il existe différents types d'erreurs : les erreurs de substitution, d'addition, d'omission et de transposition. Chaque erreur peut être notée différemment pour ne pas se mélanger lorsque l'examineur compte le nombre d'erreurs en fonction du type. Une fois le test fini, ces erreurs permettront d'ajuster le temps à l'aide d'une formule de calcul. Les différents temps retrouvés dans les tests permettront de définir si les difficultés de lecture sont liées à un trouble oculomoteur. Enfin, la dernière planche correspond à l'étalonnage en fonction de l'âge, du temps vertical, du temps horizontal ainsi que du ratio (temps horizontal/temps vertical). (18)

4.2 Les résultats

Le DEM test est fourni avec un logiciel effectuant les différents calculs. Dans ce logiciel, il est nécessaire de renseigner l'âge du patient, le nombre de secondes pour les tests A, B et C. Pour le test C, il faut également renseigner le nombre d'erreurs pour chaque type d'erreur. Le calcul des erreurs commises permet de réajuster le temps en fonction des oublis et des ajouts de chiffres. En effet, le temps ajusté tient compte du temps que le patient aurait mis s'il n'avait pas sauté de ligne par exemple. Les calculs peuvent également se faire à la main à l'aide de formules et de feuilles d'étalonnage. Une fois les calculs effectués, on obtient les résultats.

4.2.1 Normes classiques

Il existe différentes façons d'étalonner. Aujourd'hui, en France, la plus utilisée est l'étalonnage anglais. Dans celui-ci, on obtient quatre types :

- Le type 1 est dit « normal ». Les résultats obtenus sont dans la norme pour le temps horizontal, vertical et pour le ratio. Autrement dit, l'automatisation de la dénomination est dans la moyenne (comparée à des enfants du même âge) et il n'y a de trouble oculomoteur qui impacte la lecture.
- Le type 2 est dit « oculomotor », signifiant que le temps vertical est normal mais le temps horizontal et le ratio sont allongés. Ce type nous indique un dysfonctionnement oculomoteur. La tâche de lecture implique une bonne fixation et de bonnes saccades, qui ne sont pas acquises dans ce type. Cette difficulté va entraîner une augmentation du temps de passation, et donc de la vitesse de lecture. Il est important de corrélérer les résultats du DEM test au reste du bilan orthoptique (sensoriel et moteur) car l'examineur peut retrouver la raison de ces difficultés oculomotrices. Pour les patients atteints de difficulté de lecture lié à un trouble de la motricité oculaire conjuguée, une rééducation orthoptique sera nécessaire.
- Le type 3 est dit « automaticity », montrant un temps vertical et horizontal allongé mais avec un ratio normal. Ce type révèle un dysfonctionnement à nommer les chiffres mais pas de trouble oculomoteur. Ainsi, la dénomination est lente pour les trois tests de façon homogène. Ceci est le reflet de troubles du langage oral et/ou écrit, comme la dyslexie. Il peut être conseillé selon l'écart à la norme d'orienter le patient vers une orthophoniste pour effectuer un bilan.
- Le type 4 est dit « mixed », on retrouve un temps vertical et horizontal élevé, tout comme le ratio. Ce type montre un dysfonctionnement à nommer les chiffres ainsi qu'un trouble oculomoteur. Par exemple, le patient peut être un enfant dyslexique ayant également une motricité oculaire conjuguée perturbée. La rééducation orthoptique permettra de réduire les difficultés de motricité conjuguée et le patient tendra ainsi par la suite vers un type 3. (18)

4.2.2 Normes italiennes

Les normes italiennes réalisées par Alessio Facchin et al. en 2012 sont encore peu utilisées en France mais elles permettent une analyse plus précise. Dans le cas où l'on utilise celles-ci, il faut prendre en considération les plaintes du patient. En ce sens, deux cas distincts peuvent se présenter.

Dans le premier cas, le patient ne présente pas de difficultés de lecture. Le patient aura donc, soit un score dit « pathologique » s'il est en dessous du 16^{ème} percentile, soit à l'inverse un score dit « normal » s'il est au-dessus du 16^{ème} percentile. Les différents types obtenus seront ainsi identiques aux normes habituellement utilisées.

Dans le second cas, le patient présente des symptômes et se plaint ainsi de difficultés de lecture. Avec les normes italiennes, des sous parties vont permettre de mieux appréhender les difficultés de l'enfant. Comme vu précédemment le patient sera dit « pathologique » en dessous du 16^e percentile. A contrario du premier cas, si le patient se situe entre le 16^e et 31^e percentile, il sera considéré comme « à risque » et non comme « normal ». Au-delà du 31^e percentile le patient sera dit « normal ». Dans ce cas l'analyse des types sera différente :

- Type 1 : le patient est au-dessus du 31^e percentile pour tous les tests.
- A risque de type 2 : le patient est au-dessus du 31^e percentile pour le temps vertical mais entre le 16^e et le 31^e pour le temps horizontal.
- Type 2 : le patient est au-dessus du 31^e percentile pour le temps vertical et en dessous du 16^e percentile pour le temps horizontal.
- A risque de type 3 : le patient se situe entre le 16^e et le 31^e percentile pour les temps vertical et horizontal mais le ratio reste « normal ».
- Type 3 : le patient présente un temps vertical, horizontal en dessous du 31^e percentile, le ratio doit se situer au-dessus du 16^e percentile. A l'exception du cas où les trois indicateurs sont dits « à risque ».
- A risque de type 4 : le temps vertical, horizontal et le ratio sont compris entre le 16^e et le 31^e percentile.
- Type 4 : le patient présente un temps vertical, horizontal et un ratio en dessous du 31^e percentile. (20)

4.3 Les limites

Différentes études remettant en cause la fiabilité du DEM test ont été réalisées. Un échantillon de celles-ci permet d'appréhender les limites qui ressortent quant à l'utilisation de ce test.

Tout d'abord, en 2009, Ayton et al. ont voulu vérifier s'il existait une réelle corrélation entre la qualité des saccades et les résultats du DEM test. Malheureusement, il en est ressorti qu'il n'existait aucune corrélation entre ces deux éléments. En ce sens, le DEM test ne permet pas d'identifier la part oculomotrice dans les difficultés de lecture.

Par la suite, l'étude de Walter et Woodhouse a démontré que le DEM test ne serait pas fiable pour des enfants présentant déjà des capacités de lecture diminuées.

Puis, la reproductibilité du DEM test a été étudiée par Orlansky et al. Cette étude montre une grande variabilité dans les résultats pour une même patient. En ce sens, celui-ci peut être de type différent à divers moments où le test est effectué. (21)

Enfin, Frédérique Maillet a également réalisé un sondage sur l'utilisation du DEM test en France. Il en ressort de la part des orthoptistes participant une difficulté d'interprétation du test. (22)

Pour conclure, lors d'un bilan orthoptique neurovisuel des examens complémentaires au DEM test peuvent aider à l'interprétation de la part oculomotrice dans les difficultés de lecture. Par exemple, l'utilisation d'un oculomètre dit « eye-tracker » permet de connaître plus précisément la qualité des saccades. A défaut, le NSUCO est également un test qui permet d'objectiver l'examen clinique des saccades.

5 Etude

5.1 Introduction

Cette étude est réalisée dans le but de mettre en évidence les effets de la chirurgie du strabisme, sur les mouvements des yeux, lors de la lecture. Pour cela, les patients vont réaliser le DEM test avant et après chirurgie du strabisme. Le choix du DEM test s'est porté sur le fait qu'il s'agit d'un test normé, rapide, permettant d'établir si les difficultés de lecture du patient sont liées à un trouble oculomoteur. En ce sens, l'interprétation des résultats des différents patients présents dans l'étude, permettra d'identifier deux éléments. D'une part, les DEM test effectués avant la chirurgie nous indiqueront si le strabisme engendre des troubles oculomoteurs impactant la lecture. D'autre part, ceux effectués après la chirurgie permettront d'identifier les effets de celle-ci.

Au préalable, plusieurs questionnements peuvent être émis, à savoir :

- Est-ce que les patients présentant un strabisme ont toujours des difficultés de lecture liées à leur trouble moteur et sensoriel ?
- Est-ce que le type de strabisme, la différence de valeur de l'angle, et/ou l'œil strabique influent sur la présence d'un trouble oculomoteur lors de la lecture ?
- Est-ce que la chirurgie du strabisme permet une disparition ou à défaut une diminution de la part du trouble oculomoteur dans la lecture ?

5.2 Le protocole de l'étude

Cette étude a été menée sur 24 patients de 6 ans à 13 ans et 11 mois, soit les tranches d'âge pour lesquelles le DEM test a été normé. Tous les patients ayant un strabisme pouvaient être inclus dans l'étude, en ce sens, aucun type de strabisme n'a été exclu.

Pour commencer, les patients vont effectuer un premier DEM test lors de leur bilan pré-opératoire. Ces premiers résultats permettront d'identifier si le strabisme perturbe la lecture. Ensuite, un mois après leur chirurgie, les patients vont réaliser un deuxième DEM test. Leurs résultats au second examen nous permettront d'analyser l'impact de la chirurgie sur la part oculomotrice dans la lecture. Les résultats obtenus lors des DEM test seront corrélés au type du strabisme ainsi qu'à la valeur de l'angle, mesuré à la barre de prismes.

Les normes italiennes ont été utilisées pour interpréter les résultats des patients au test. Ces normes ont été choisies pour leur plus grande précision dans l'interprétation des résultats. Cette précision est due aux différents sous-types complétant les types déjà présents dans les normes anglaises notamment.

5.3 Les résultats

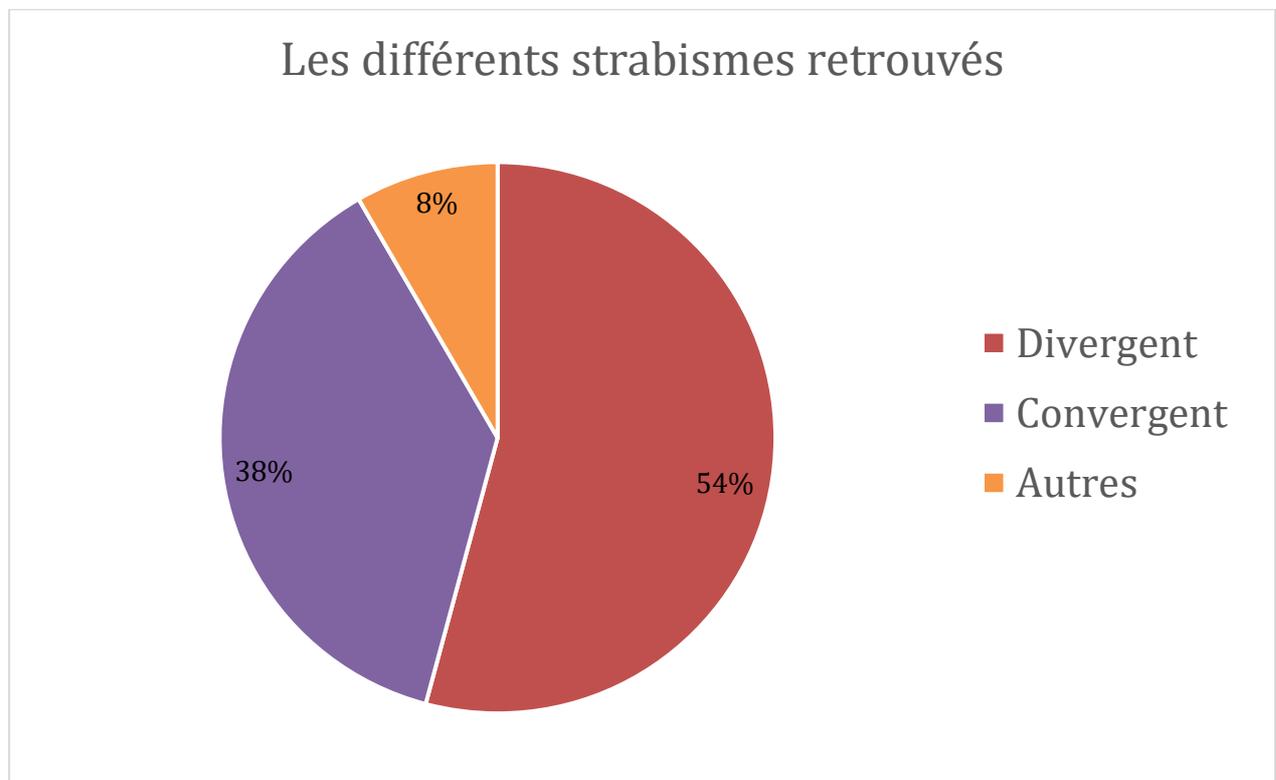


Figure 3 : graphique secteur indiquant la répartition des strabismes retrouvés dans l'étude

Pour commencer, cette étude comprend majoritairement des strabismes divergents. Cette majorité de strabismes divergents peut nous indiquer que pour la tranche d'âge de l'étude, les opérations de strabisme sont dominées par les strabismes divergents. On retrouve également des strabismes convergents ainsi que d'autres types de strabismes. Plus précisément, dans les autres types de strabismes, il y a un patient atteint d'une hypotropie et un patient atteint d'une paralysie des deux élévateurs.

5.3.1 Analyse des résultats avant chirurgie du strabisme

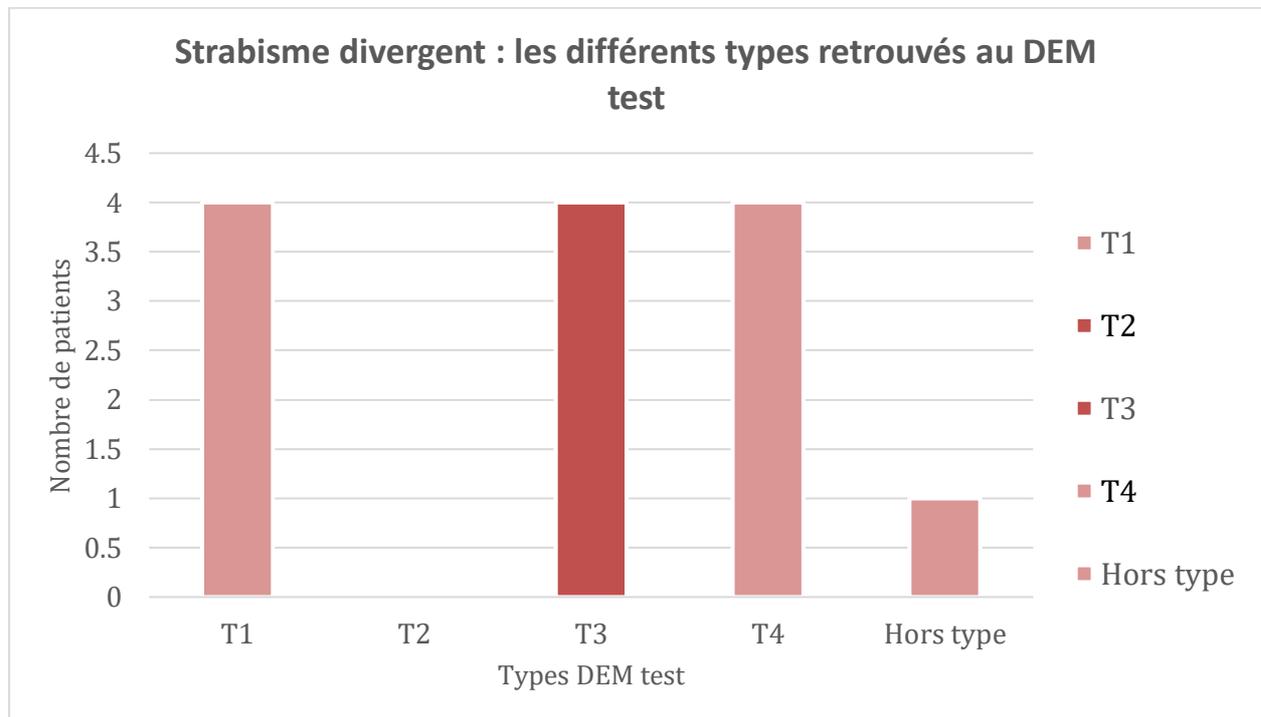


Figure 4 : graphique en histogramme indiquant le nombre de patients atteints de strabisme divergent pour chaque type retrouvé au DEM test

Concernant les patients présents dans cette étude, 13 patients ont été opérés d'un strabisme divergent. Pour ces patients, on retrouve au DEM test du bilan orthoptique pré-opératoire :

- 4 patients de type 1,
- 4 de type 3, dont 2 à risque de type 3,
- 4 de type 4,
- Et 1 patient catégorisé comme hors type ; le temps mis au test de lecture verticale était anormal tandis que celui au test horizontal était normal.

Au total, parmi les 13 patients, le DEM test révèle que quatre d'entre eux auraient des difficultés de lecture dues en partie à un trouble oculomoteur. Pour ces 4 patients, le résultat de leur DEM test a révélé qu'il se situait en dessous du 16^e percentile pour le test de lecture horizontale. Pour rappel, le test de lecture horizontale a pour but de mettre en évidence si un dysfonctionnement oculomoteur est responsable de difficultés de lecture. De plus, si le temps au test horizontal est anormalement plus long qu'au test vertical, cela définit les difficultés de lecture comme associées à un trouble oculomoteur. Ainsi, pour ces patients, au moins 84% des enfants du même âge ont un meilleur résultat à ce test. Pour finir, les patients de type 4 au DEM test, étaient atteints pour trois d'entre eux d'un strabisme de l'œil droit, et pour le dernier d'un strabisme alternant.

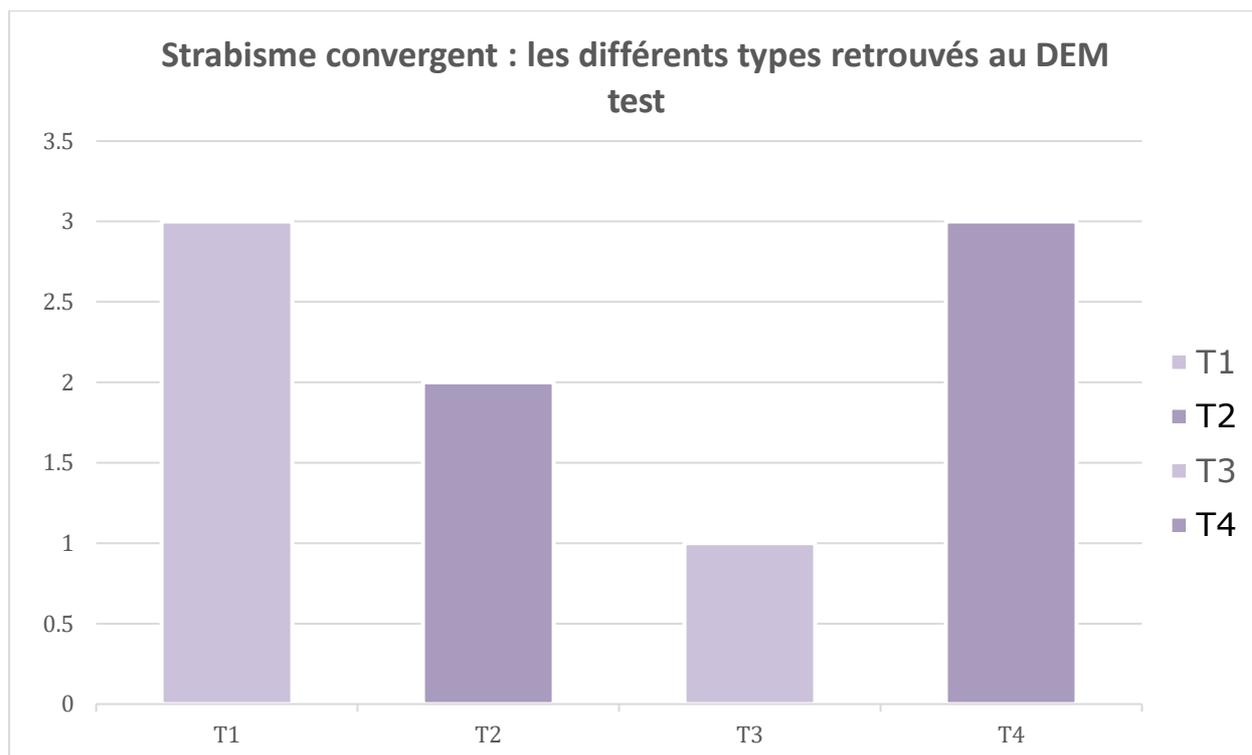


Figure 5 : graphique en histogramme indiquant le nombre de patients atteints de strabisme convergent pour chaque type retrouvé au DEM test

Pour continuer dans l'analyse des résultats, l'étude comprend 9 patients qui ont été opérés d'un strabisme convergent. Au sein de ces patients, le DEM test pré-opératoire a révélé :

- 3 patients de type 1,
- 2 patients de type 2, dont 1 à risque de type 2,
- 1 patient de type 3
- 3 patients de type 4

Ainsi, parmi les 9 patients, 5 d'entre eux souffrent de difficultés de lecture associées à un dysfonctionnement oculomoteur. Plus précisément, ces patients se situaient en dessous du 16^e percentile au test de lecture horizontale, à l'exception du patient à risque de type 2 qui était au 17^e percentile. Enfin, tous les patients atteints d'un strabisme convergent associé à un trouble oculomoteur avaient un strabisme de l'œil gauche, en dehors d'un patient atteint d'un strabisme convergent de l'œil droit.

Pour finir, concernant les deux derniers patients, ils ne présentent pas de difficultés de lecture en lien avec un trouble oculomoteur d'après le DEM test. En effet, un patient présentait une hypotropie mais malheureusement l'interprétation des résultats du DEM test n'a pas permis d'aboutir à un type précis. Concernant le dernier patient atteint d'une paralysie des deux élévateurs, le DEM test révèle qu'il est de type 3.

5.3.2 Analyse des résultats après chirurgie du strabisme

	Type de strabisme pré opératoire	Type au DEM test pré-opératoire	Type au DEM test post-opératoire
1	Divergent intermittent	4	3
2	Convergent	2	1
3	Divergent consécutif	4	2
4	Divergent intermittent	3	3
5	Convergent	1	1

Tableau 1 : tableau comparatif des résultats au DEM test pré et post opératoire

Concernant les patients atteints d'un strabisme divergent, à ce jour, seulement trois patients ont effectué le DEM test post-opératoire. Parmi eux, 2 patients avaient été retrouvés de type 4 au DEM test pré-opératoire. Les DEM test post-opératoires, effectués sur chacun d'entre eux ont montré pour l'un qu'il est dorénavant de type 3 et pour l'autre de type 2. Autrement dit, pour celui de type 3, ses difficultés de lecture sont toujours présentes mais celles-ci n'ont plus de part oculomotrice. Quant à l'autre patient, d'après le DEM test, un dysfonctionnement oculomoteur serait toujours responsable de ses difficultés de lecture. Enfin, le dernier patient opéré d'un strabisme divergent, est toujours de type 3 en post-opératoire.

Ensuite, les patients opérés d'un strabisme convergent sont au nombre de deux. Le premier patient avait obtenu de bons résultats au DEM test pré-opératoire, il était de type 1. Le DEM test post-opératoire a confirmé ces résultats étant donné qu'il est toujours de type 1. Concernant le deuxième patient il était à risque de type 2 au DEM test pré-opératoire. En post opératoire ses résultats au DEM test révèle qu'il est de type 1. Le patient n'a donc plus de difficulté de lecture.

Enfin, les résultats post-opératoires sont encourageants et laissent penser que la chirurgie a amélioré les mouvements des yeux lors de la lecture.

5.3.3 *Interprétation des résultats*

Les résultats obtenus dans la première partie de l'étude révèlent que les strabismes n'engendrent pas nécessairement de difficultés de lecture associées à une part oculomotrice. Plus précisément, dans les strabismes divergents nous retrouvons peu de patients atteints de difficultés de lecture liées à un trouble oculomoteur. A contrario, pour les strabismes convergents plus de la moitié des patients ont des troubles oculomoteurs retrouvés lors de l'exercice de lecture. Cependant, la cohorte de l'étude est faible et ne permet seulement d'émettre l'hypothèse que les patients atteints d'un strabisme convergent souffrent plus souvent de difficultés de lecture en lien avec un dysfonctionnement oculomoteur que les autres strabismes. Pour finir avec les résultats pré-opératoires, on peut émettre l'hypothèse que lorsque le patient souffre d'un strabisme divergent, celui-ci est plus sujet à avoir des difficultés de lecture liées à une motricité conjuguée perturbée, lorsque son strabisme est de l'œil droit. A l'inverse, pour les strabismes convergents, ces difficultés seraient plus fréquentes lorsque le strabisme touche l'œil gauche.

La deuxième partie de l'étude est très encourageante. En effet, seulement un patient présente encore des difficultés de lecture associées à un dysfonctionnement oculomoteur. Pour les patients qui présentaient des difficultés de lecture liées en partie à un trouble oculomoteur, leurs résultats au DEM test post opératoire montrent que ces difficultés de lecture ne sont plus impactées par une motricité conjuguée perturbée. En ce sens, ces résultats nous laissent penser que pour 3 des 5 patients l'opération du strabisme a permis d'annuler la part oculomotrice dans les difficultés.

Enfin, cette étude ne permet malheureusement pas de corréler un dysfonctionnement oculomoteur lors de la lecture avec la valeur de l'angle du strabisme. En ce sens, lorsque le DEM test révélait que le patient avait des difficultés de lecture avec une part oculomotrice, celui-ci pouvait aussi bien présenter un angle de 8 dioptries qu'un angle de 42 dioptries en vision de près. Ces valeurs comprennent autant de strabismes convergents où l'on retrouve, dans ce cas, des angles de près pouvant atteindre de grandes valeurs, que de strabismes divergents, même divergents intermittents, pouvant dans ce cas précis, être en simple exophorie en vision de près avant décompensation. Pour conclure, nous pouvons émettre la dernière hypothèse que plus de patients atteints de strabismes convergents sont révélés de type montrant une part oculomotrice au DEM test, car le contrôle de leur strabisme est impossible en vision de près, à l'inverse des strabismes divergents intermittents, qui pour certains patients arrivaient à contrôler les passages en exotropie en vision de près.

6 Discussion

6.1 La lecture chez les enfants strabiques

De nombreux auteurs se sont déjà intéressés aux conséquences du strabisme sur la lecture. Pour commencer, en 2010, Kanonidou et al. ont étudié les stratégies oculomotrices dans l'amblyopie associée à un strabisme lors de la lecture en monoculaire et en binoculaire. Lors de cette étude, un groupe de 20 patients strabiques avec amblyopie a été comparé à un groupe de 20 témoins normaux. Les résultats, enregistrés à l'aide d'un oculomètre, ont montré que la lecture était significativement plus lente chez les patients strabiques que chez les témoins normaux. De plus, cette étude a également mis en évidence que pour un même patient amblyope, sa lecture était plus lente avec son œil amblyope. D'un point de vue oculomoteur, des saccades plus régressives et une durée de fixation plus longue avec l'œil amblyope sont les conséquences d'une lecture plus lente. A contrario, l'amplitude des saccades ne varie pas. (23)

En 2013, une étude réalisée par Cynthia Lions et al. ont cherché à analyser les mouvements de saccades ainsi que les moments de fixations chez les enfants strabiques lors de la lecture. Pour cela, les mouvements ont été enregistrés par un système infrarouge nommé EBT mobile chez 18 patients strabiques âgés de 6,8 ans à 16 ans. Pendant l'enregistrement les patients ont lu un texte silencieusement. Ces données ont été comparées à celle d'un groupe témoin non strabique du même âge. Les strabismes retrouvés dans cette étude sont des strabismes divergents intermittents, des strabismes convergents accommodatifs et précoces. Les résultats de l'étude ont montré que l'amplitude des saccades était similaire pour le groupe des enfants strabiques et non strabiques. Le strabisme ne semble donc pas influencer l'amplitude d'une saccade, tout comme l'avait retrouvé Kanonidou et al. en 2010. Cependant, la coordination binoculaire était plus faible pendant et après la saccade pour les enfants strabiques. Plus précisément, elle était d'autant plus faible pour des patients avec une vision binoculaire anormale que pour des patients strabiques mais avec une vision binoculaire normale. Enfin, La durée de fixation a également été retrouvée plus longue pour le groupe strabique que pour le groupe témoin. D'après les auteurs, cette augmentation de la durée de fixation peut être la conséquence de la mauvaise coordination binoculaire en fin de saccade, retardant ainsi le traitement linguistique du mot. Ces éléments pourraient ainsi être responsables de capacités de lecture altérées. (24)

Par la suite, en 2016, Clotuche et al. ont tenté de mettre en évidence un éventuel lien entre la présence d'un strabisme et une modification des performances de lecture chez des enfants. Les résultats de cette étude ont montré que ce sont les patients strabiques sans vision binoculaire qui sont le plus impactés lors de la lecture. En ce sens, tout comme l'étude précédemment citée, ce seraient les conséquences de certains strabismes, à savoir une vision binoculaire absente, qui impacterait le plus la lecture. (25)

En 2015, Kelly et al. avaient quant à eux montré l'impact de l'amblyopie lors de la lecture. Pour cela, trois groupes avaient été composés :

- Enfants amblyopes atteints de strabisme et/ou d'anisométrie
- Enfants non amblyopes traités pour strabisme
- Enfants témoins normaux

Les résultats de cette étude ont mis en évidence le fait que les enfants amblyopes ont une lecture plus lente et réalisent plus de saccades que des enfants non amblyopes. Par enfant non amblyope on entend des patients avec ou sans strabisme mais sans amblyopie. En ce sens, ce ne serait pas le strabisme qui impacterait directement les difficultés de lecture mais l'amblyopie. (26)

Pour conclure, d'après les différentes études, le strabisme aurait un impact sur la lecture. En sens, une durée de fixation plus longue et une mauvaise précision lors des mouvements de saccades seraient éventuellement responsables de moins bonnes performances de lecture. Cet impact est d'autant plus significatif lorsque le strabisme est associé à une vision binoculaire anormale ou à une amblyopie. En ce sens, ce sont les conséquences du strabisme qui entraîneraient des difficultés de lecture. Nous pouvons ainsi émettre l'hypothèse que ces difficultés sont liées à un phénomène d'adaptation à un état sensoriel anormal. Il pourrait être intéressant de poursuivre ces études en incluant des patients avec d'autres types de strabismes. En effet, ceci permettrait de préciser les facteurs de risque d'une lecture altérée par dysfonctionnement oculomoteur. Par ailleurs, il serait également intéressant de comparer les résultats des études sur l'amblyopie avec un groupe de patient amblyope sans strabisme. Ceci permettrait de savoir s'il s'agit de l'amblyopie associé à un strabisme ou l'amblyopie seule qui engendre une lecture plus lente.

6.2 L'opération du strabisme et mouvements des yeux

A contrario des études montrant l'impact du strabisme sur la lecture, peu d'auteurs ont mis en évidence l'impact de la chirurgie du strabisme sur la lecture. En 2009, Kapoula et al. ont réalisé une étude comparative sur la vitesse et la précision des saccades et des vergences avant et après chirurgie du strabisme. En effet, la vitesse et la précision de ces mouvements est indispensable pour une lecture dite experte. L'étude inclut 9 patients atteints de différents types de strabismes ; leurs résultats seront comparés aux résultats de sujets non strabiques. Ainsi, les résultats indiquent qu'avant la chirurgie, les saccades étaient aussi précises pour les patients atteints de strabisme que pour des sujets non strabiques. A l'inverse, les mouvements de vergences seuls sur le plan médian ou associés à un mouvement de saccades sont moins précis et plus lents chez les patients strabiques avant la chirurgie du strabisme. Après la chirurgie, les mouvements de vergences des patients strabiques se sont normalisés. (27)

Ainsi, d'après cette étude la chirurgie améliorerait les mouvements de vergences. De plus, d'après l'étude réalisée dans le cadre de ce mémoire la chirurgie du strabisme permettrait de réduire voire même d'annuler les difficultés de lecture lorsque celles-ci sont liées à un dysfonctionnement oculomoteur. Il serait intéressant de poursuivre des études sur l'impact de la chirurgie du strabisme sur la lecture pour orienter la prise en charge. En effet, dans l'hypothèse où la chirurgie améliore les performances de lecture, l'opération du strabisme serait une étape clé dans les apprentissages scolaires de l'enfant.

De plus, Legrand et al. ont montré que la chirurgie du strabisme a des effets sur les propriétés somatosensorielles des muscles extra-oculaires. De ce fait, le contrôle postural serait amélioré chez les enfants atteints de strabisme suite à leur opération. (28)

Pour conclure, les résultats post opératoires des différentes études montre l'impact positif de la chirurgie du strabisme. Les conséquences du strabisme ne se limitent pas au défaut visuel et engendre des répercussions sur l'ensemble du corps humain ainsi que sur les apprentissages scolaires du patient. Par conséquent, les résultats post-opératoires du strabisme semblent être très favorables pour le devenir du patient.

6.3 Pour aller plus loin

Pour améliorer l'étude réalisée dans ce mémoire, il pourrait être intéressant de compléter l'examen pré et post-opératoire par un examen à l'aide d'un oculomètre ou « eye-tracker ». En effet, l'oculomètre permet de mesurer les mouvements, les points de fixation ainsi que le temps de fixation lors d'une tâche telle que la lecture. (29) L'« eye-tracker » pourrait ainsi être utilisé pendant l'examen du DEM test, permettant ainsi d'augmenter la fiabilité des résultats obtenus. Enfin, il serait également pertinent de réaliser un bilan orthoptique neurovisuel complet afin d'appréhender tous les différents troubles neurovisuels qui peuvent être engendrés par le strabisme. Néanmoins, les études déjà présentes dans la littérature révèlent que les difficultés de lecture sont retrouvées plus fréquemment pour des sujets strabiques que pour des sujets témoins. En ce sens, un bilan orthoptique neurovisuel pourrait ainsi être proposé aux enfants strabiques en parallèle des apprentissages scolaires. En effet, le rôle de la vision dans les apprentissages a été démontré à de nombreuses reprises. L'enfant ne cesse d'intégrer ce qu'il analyse tel que les lettres ou les formes géométriques afin de mettre en place une réponse visuelle ou manuelle. L'orthoptiste s'assure ainsi que l'image perçue par le sujet est simple, complète et nette, et que les fonctions oculomotrices permettent de soutenir le traitement cognitif. (30)

De plus, l'étude présentée antérieurement a montré que la posture des patients strabiques était améliorée après la chirurgie. En ce sens, l'étude de la posture est également l'un des champs d'action en lien avec la pratique de l'orthoptie. Ainsi, on voit l'importance de prendre le patient dans son ensemble afin de lui proposer le projet de soin idéal.

7 Conclusion

L'étude réalisée dans le cadre de ce mémoire avait pour objectif de mettre en évidence l'impact de la chirurgie du strabisme sur les mouvements des yeux en lien avec la lecture. Etant donné les délais assez courts quant à la réalisation de l'étude, ainsi que les conditions sanitaires actuelles, le nombre de patients présents ayant été opérés du strabisme est faible. Les résultats obtenus restent très encourageants mais ils permettent seulement d'émettre l'hypothèse que la chirurgie du strabisme améliore les performances de lecture. En ce sens, la poursuite actuelle de cette étude par des étudiants en orthoptie dans le cadre de leur mémoire va permettre d'établir plus précisément le lien du strabisme sur les fonctions neurovisuelles.

A la fin de ce mémoire, le lien entre le strabisme et la lecture a été mis en évidence, notamment à l'aide d'études publiées dans la littérature. Cependant, des recherches à ce sujet restent à poursuivre. Aujourd'hui, la chirurgie du strabisme est reconnue comme bénéfique pour le patient et il serait intéressant de mettre en évidence toutes les conséquences fonctionnelles de cette chirurgie. De ce fait, les enjeux de la chirurgie du strabisme vont au-delà de la fonction visuelle. Il est donc primordial de prendre en compte le patient dans son ensemble. Ainsi, le travail entre l'ophtalmologiste, spécialisé ici dans la strabologie, et l'orthoptiste va de paire. En effet, l'orthoptiste apporte des conseils à ses patients et peut ainsi orienter vers un ophtalmologiste au moment le plus opportun.

Bibliographie

1. Routon M. Oculomotricité, lecture et orthoptie. Revue Francophone d'Orthoptie. janv 2015;8(1):38-44.
2. Boisseranc J-B. Étude clinique oculomotrice en lecture : normalisation adulte, validation sur une population alexique par AVC. 23 juin 2014;90.
3. Koskas P, Héran F. Pour comprendre l'oculomotricité : III, IV et VI. Journal de Radiologie Diagnostique et Interventionnelle. 1 oct 2013;94(10):1024-38.
4. Amortila M. Oculomotricité et vision. Revue Francophone d'Orthoptie. 1 janv 2019;12(1):7-8.
5. Coubard OA. Comment le cerveau contrôle-t-il les mouvements des yeux ? Les neurones moteurs et prémoteurs du tronc cérébral. Revue Neurologique. 1 avr 2015;171(4):341-58.
6. Slattery TJ, Parker AJ. Return sweeps in reading: Processing implications of undersweep-fixations. Psychon Bull Rev. 1 déc 2019;26(6):1948-57.
7. Daniel F, Morize A, Brémond-Gignac D, Kapoula Z. Benefits from Vergence Rehabilitation: Evidence for Improvement of Reading Saccades and Fixations. Frontiers in Integrative Neuroscience. 2016.
8. Quercia P. Mouvements oculaires et lecture : une revue bibliographique. Journal Français d'Ophtalmologie. 1 juin 2010;33(6):416-23.
9. Ecalle J, Magnan A. L'apprentissage de la lecture et ses difficultés. Paris: Dunod; 2010. (Psycho sup).
10. Dehaene S, Cohen L, Sigman M, Vinckier F. The neural code for written words: a proposal. Trends in Cognitive Sciences. 1 juill 2005;9(7):335-41.
11. Lanthony P. Dictionnaire du strabisme: physiologie et clinique. Paris: Maloine; 1983.
12. Chatard H. Rappels théoriques : Strabisme. :4.
13. Speeg-Schatz C, Gottenkiene S, Sauer A, Roth A. Pourquoi et quand opérer un strabisme convergent chez l'enfant ? Journal Français d'Ophtalmologie. 1 mars 2015;38(3):247-52.
14. Aslanis D, Follidi V, Constantopoulos I, Spyropoulos G, Paikos P. Résultats chirurgicaux des exotropies primitives concomitantes à grand angle chez les enfants. Journal Français d'Ophtalmologie. janv 2006;29(1):37-42.

15. Jeanrot N, Ducret, Jeanrot. Manuel de strabologie. 2018.
16. Thouvenin D, Lequeux L, Bonifas C. Place actuelle de la chirurgie dans le traitement des strabismes de l'enfant. *Revue Francophone d'Orthoptie*. 1 oct 2020;13(4):170-7.
17. Audren F. Les strabismes divergents intermittents. *Journal Français d'Ophtalmologie*. 1 nov 2019;42(9):1007-19.
18. Villele A de. DEM® Test : en pratique, très pratique. *Revue Francophone d'Orthoptie*. 1 janv 2015;8(1):69-73.
19. Aoustin L. La DEM : Développement des mouvements des yeux. *Revue Francophone d'Orthoptie*. 1 oct 2013;6(4):189-91.
20. Facchin A, Maffioletti S, Carnevali T. The Developmental Eye Movement (DEM) Test: Normative Data for Italian Population. *optometry and vision development*. 1 janv 2012;43:162-79.
21. Maillet F. DEM Test : Que mesure-t-il et le mesure-t-il vraiment ? juin. 2015.
22. Maillet F. DEM - Resultats sondage 2015.
23. Kanonidou E, Proudlock FA, Gottlob I. Reading Strategies in Mild to Moderate Strabismic Amblyopia: An Eye Movement Investigation. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 juill 2010;51(7):3502-8.
24. Lions C, Bui-Quoc E, Seassau M, Bucci MP. Binocular Coordination of Saccades During Reading In Strabismic Children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 janv 2013;54(1):620-8.
25. Clotuche B, Dorizy N, Franquelin M, Kuhne P, Lakhdar M, Massart S, et al. Strabisme et lecture : incidence du strabisme sur des tests de lecture chez des enfants de 8 à 11 ans. *Journal Français d'Ophtalmologie*. 1 nov 2016;39(9):756-64.
26. Kelly KR, Jost RM, De La Cruz A, Birch EE. Amblyopic children read more slowly than controls under natural, binocular reading conditions. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 1 déc 2015;19(6):515-20.
27. Kapoula, BUCCI, BREMOND. Vitesse et précision des saccades et des vergences chez des strabiques avant et après chirurgie. *Journal Français d'Ophtalmologie*. 1 avr 2009;32:1S25.
28. Legrand A, Quoc EB, Vacher SW, Ribot J, Lebas N, Milleret C, et al. Postural control in children with strabismus: Effect of eye surgery. *Neuroscience Letters*. 26 août 2011;501(2):96-101.
29. Laborie ML, Croizat H. Un nouvel outil en orthoptie : l'oculométrie. *Revue Francophone d'Orthoptie*. 1 oct 2018;11(4):240-3.
30. Blanc S. Troubles neurovisuels, troubles neuro-développementaux et troubles des apprentissages : pour tenter d'y voir un peu plus clair.... *Revue Francophone d'Orthoptie*. 1 juill 2018;11(3):167-9.