



**HAL**  
open science

# Étude clinique oculomotrice en lecture : normalisation adulte, validation sur une population alexique par AVC

Jean-Baptiste Boisseranc

► **To cite this version:**

Jean-Baptiste Boisseranc. Étude clinique oculomotrice en lecture : normalisation adulte, validation sur une population alexique par AVC. Sciences cognitives. 2014. dumas-01076537

**HAL Id: dumas-01076537**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01076537v1>**

Submitted on 2 Nov 2015

**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.

ACADÉMIE DE PARIS

UNIVERSITÉ PARIS VI PIERRE et MARIE CURIE

MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ D'ORTHOPHONISTE

**ÉTUDE CLINIQUE OCULOMOTRICE EN LECTURE :**  
**NORMALISATION ADULTE,**  
**VALIDATION SUR UNE POPULATION ALEXIQUE PAR AVC**

DIRECTEUR DE MÉMOIRE DR PASCAL AUZOU

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2013-2014

JEAN-BAPTISTE BOISSERANC

NÉ LE 3 JUILLET 1974

*« Nous sommes absurdement accoutumés au miracle de quelques signes écrits capables de contenir une imagerie immortelle, des tours de pensée, des mondes nouveaux avec des personnes vivantes qui parlent, pleurent, rient. (...) Et si un jour nous allions nous réveiller, tous autant que nous sommes, et nous trouver dans l'impossibilité absolue de lire ? »* Vladimir Nabokov, Feu Pâle , 1961

Je tiens ici à remercier le directeur de mon mémoire Pascal Auzou pour sa confiance, ses conseils éclairés et sa disponibilité,

Un grand merci aussi à Agnès Chounlamountry Weill pour avoir accepté d'être rapporteur de ce mémoire,

Merci aux volontaires, qui ont fait le déplacement jusqu'à l'eye-track de l'hôpital d'Orléans, plus loin appelés « sujets contrôle »,

Merci aux patients qui ont participé à cette étude, leur détermination à progresser est souvent une leçon,

Merci aux personnes de l'équipe de neurologie et de l'UNV d'Orléans pour leur motivation communicative à faire progresser,

Merci à mes proches, à toutes celles et tous ceux qui m'ont encouragé.

Je soussigné Jean-Baptiste Boisseranc, déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature :

## TABLE DES MATIÈRES

|                   |    |
|-------------------|----|
| Introduction..... | 10 |
|-------------------|----|

### **I – THÉORIE**

---

|  |    |
|--|----|
| <b><u>Chapitre 1 : LECTURE</u></b> ..... | 11 |
|--|----|

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Modèles cognitifs de la lecture..... | 11 |
|--------------------------------------|----|

|   |    |
|---|----|
| Le modèle à double voie de Coltheart..... | 12 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| Supports anatomiques du traitement cognitif de la lecture..... | 16 |
|--|----|

|  |    |
|--|----|
| <b><u>Chapitre 2 : OCULOMOTRICITÉ ET LECTURE</u></b> ..... | 18 |
|--|----|

|               |    |
|---------------|----|
| Saccades..... | 19 |
|---------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| Fixations..... | 20 |
|----------------|----|

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| Coordination binoculaire..... | 21 |
|-------------------------------|----|

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| Aspects développementaux..... | 22 |
|-------------------------------|----|

|  |    |
|--|----|
| <b><u>Chapitre 3 : ALEXIES</u></b> ..... | 23 |
|--|----|

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Alexies Périphériques..... | 23 |
|----------------------------|----|

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Troubles neurovisuels acquis..... | 24 |
|-----------------------------------|----|

|  |    |
|--|----|
| Hémianopsie latérale homonyme – HLH..... | 24 |
|--|----|

|  |    |
|--|----|
| Négligence spatiale unilatérale – NSU..... | 25 |
|--|----|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Alexie par hémianopsie..... | 25 |
|-----------------------------|----|

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Alexie de la négligence..... | 26 |
|------------------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| Alexie pure..... | 27 |
|------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| Alexies Centrales..... | 28 |
|------------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| Alexie lexicale..... | 29 |
|----------------------|----|

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Alexie phonologique..... | 29 |
|--------------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| Alexie profonde..... | 30 |
|----------------------|----|

|  |    |
|--|----|
| Alexie sémantique.....   | 30 |
| <b><u>Chapitre 4 : DÉSORDRES OCULOMOTEURS ET ALEXIES</u></b> .....             | 31 |
| Désordres oculomoteurs dans les alexies périphériques.....                     | 32 |
| Désordres oculomoteurs dans les alexies centrales.....                         | 34 |
| <br>   |    |
| <b>II – PRATIQUE – PARTIE EXPÉRIMENTALE</b>                                    |    |
| <hr/>  |    |
| <b><u>CHAPITRE 1 : PROBLÉMATIQUE, OBJECTIFS, HYPOTHÈSES</u></b> .....          | 35 |
| Problématique, Objectifs, Hypothèses.....                                      | 35 |
| <b><u>CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE</u></b> .....                                  | 37 |
| I – Population, données descriptives, critères d’inclusion et d’exclusion..... | 37 |
| I - a - Population contrôle.....   | 37 |
| I - b - Population pathologique de patients AVC.....                           | 38 |
| II – Passations, recueil des données, matériel .....                           | 40 |
| PHONOLEC.....  | 41 |
| e(ye) BRAIN T2.....  | 41 |
| III – Statistiques.....  | 43 |
| <b><u>CHAPITRE 3 : RÉSULTATS</u></b> .....                                     | 44 |
| I - Normalisation : population contrôle.....                                   | 44 |
| I - a - Données en lecture (Phonolec) .....                                    | 44 |
| I - b - Paramètres oculomoteurs (e(ye)BRAIN) .....                             | 44 |
| Facteurs de variation des paramètres oculomoteurs.....                         | 46 |
| II - Validation : population AVC.....  | 46 |
| II - a - Données en lecture (Phonolec).....                                    | 47 |
| II - b - Paramètres oculomoteurs (e(ye)BRAIN).....                             | 48 |

|   |    |
|---|----|
| 1) Comportement oculomoteur des 13 patients AVC.....  | 48 |
| 2) Comportement oculomoteur des 4 patients Vasculaires Non Alexiques.....   | 48 |
| 3) Comportement oculomoteur des 9 patients alexiques.....   | 49 |
| 4) Comportement oculomoteur des patients avec alexie centrale profonde.....   | 49 |
| 5) Comportement oculomoteur des patients avec alexie périphérique par HLH....   | 49 |
| 6) Comportement oculomoteur comparé des patients avec alexie par HLH gauche et par HLH droite dans la tâche de lecture..... | 50 |
| 7) Comportement oculomoteur comparé en lecture et en recherche visuelle chez les patients avec alexie centrale.....         | 50 |
| 8) Comportement oculomoteur comparé en lecture et en recherche visuelle chez les patients avec alexie par HLH.....          | 51 |
| 9) Comportements oculomoteurs comparés : patients avec alexie centrale, patients avec alexie par HLH.....                   | 51 |
| <b><u>CHAPITRE 4 : DISCUSSION</u></b> .....   | 52 |
| I – Normalisation : population contrôle.....  | 53 |
| II – Validation : population de patients AVC.....   | 55 |
| III – Eléments de remédiation.....  | 60 |
| <b><u>Chapitre 5 : CONCLUSION &amp; PERSPECTIVES</u></b> .....  | 63 |
| <br>Bibliographie.....  | 65 |
| Annexes .....   | 72 |
| Résumé & abstract.....  | 90 |

+ + +



## INDEX DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Figure 1. Architecture du modèle de lecture DRC, adapté de Coltheart et coll. (2001).....      | 13 |
| Figure 2. Comportements oculomoteurs en lecture : alexie pure, hémianopsique ; sujet sain..... | 32 |

## INDEX DES TABLEAUX

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1. Synthèse des données NSC et genre de la population contrôle.....                          | 37 |
| Tableau 2. Synthèse des données NSC et genre de la population de patients AVC.....                   | 38 |
| Tableau 3. Synthèse des passations et des paramètres extraits.....                                   | 40 |
| Tableau 4. Données en lecture de mots (Phonolec) : population contrôle.....                          | 44 |
| Tableau 5. Données normatives de l'oculomotricité chez les sujets contrôle.....                      | 45 |
| Tableau 6. Données comparatives en lecture de mots (Phonolec) : population contrôle et patients..... | 47 |
| Tableau 7. Données oculomotrices en lecture, patients alexiques par HLH droite et gauche.....        | 50 |

## INDEX DES ANNEXES

|  |    |
|--|----|
| ANNEXE 1. Représentation graphique de la distribution de l'âge, sujets contrôle et patients AVC.....   | 72 |
| ANNEXE 2. Synthèse des principales caractéristiques des alexies centrales & description détaillée de l'analyse des variables de Phonolec pour catégoriser les alexies centrales.....                 | 73 |
| ANNEXE 3. Liste pour la lecture de pseudo-mots, mots réguliers et irréguliers (Phonolec).....  | 75 |
| ANNEXE 4. Présentation du dispositif oculométrique e(ye)BRAIN T2 - extrait de la brochure technique...77   |    |
| ANNEXE 5. Textes utilisés lors de l'épreuve de lecture et de recherche de « r » (e(ye)BRAIN).....  | 78 |
| ANNEXE 6. Représentation en histogrammes des données comparatives en lecture de mots : population contrôle et patients alexiques.....  | 79 |
| ANNEXE 7. Distribution des valeurs des paramètres oculomoteurs, population contrôle.....   | 81 |
| ANNEXE 8. Corrélation entre l'âge et le nombre de rétro-saccades en lecture, population contrôle.....  | 83 |
| ANNEXE 9. Synthèse des caractéristiques cliniques et des troubles de la lecture des 13 patients.....   | 84 |
| ANNEXE 10. Synthèse graphique des différences significatives des données oculomotrices retrouvées chez les différents sous-groupes de patients, en regard des données de la population contrôle..... | 85 |
| ANNEXE 11. Proportions de rétro-saccades : population contrôle et groupe de patients AVC.....  | 88 |
| ANNEXE 12. Illustrations schématiques du champ visuel et de l'empan de perception en lecture : lecteurs normaux, alexies par HLH droite et par HLH gauche.....                                       | 89 |

## ABRÉVIATIONS

AVC : accident vasculaire cérébral

UNV : unité neuro vasculaire (soins intensifs pour patients AVC)

CGP : conversion graphème phonème (voie sub-lexicale)

NIHSS : National Institutes of Health Stroke Scale : score de gravité d'un AVC du département de la santé des Etats-Unis. Score = 0 : pas de symptôme d'AVC ; score  $\geq 17$  : AVC sévère (score maximum = 42).

NSC : niveau socio-culturel

HLH : hémianopsie latérale homonyme

NSU : négligence spatiale unilatérale

POM : paramètres oculomoteurs

VNA : patient vasculaire non alexique



## INTRODUCTION

Il y a un peu plus de cinq mille ans l'invention de l'écriture a révolutionné notre accès au savoir, à la culture, à l'échange de connaissances. La lecture est un processus aujourd'hui universel. Son fonctionnement et ses dysfonctionnements peuvent être analysés du point de vue des traitements perceptifs, cognitifs, ou visuo-moteurs. De nombreuses études récentes portent sur l'oculomotricité, les appareillages sophistiqués permettant des mesures très précises. Nous nous sommes demandés si cette approche oculomotrice pouvait permettre de mieux caractériser les troubles de la lecture, si elle pouvait être intéressante en terme d'exploration fonctionnelle.

Comme dans toute étude fonctionnelle nous avons évalué les différents paramètres sur une population contrôle et sur une population pathologique. Dans le cas présent, des patients en phase aigüe d'AVC. Des épreuves cliniques ont évalué les performances en lecture. Les paramètres oculomoteurs ont été mesurés avec un appareillage de type eye-tracking – ou vidéo-oculographie – fourni par la société e(ye)BRAIN. Notre démarche a consisté à approfondir nos connaissances des profils oculomoteurs en lecture, et des désordres oculomoteurs survenant dans les alexies par AVC. Mieux caractériser les troubles acquis de la lecture pour permettre une remédiation plus adaptée était aussi un objectif de cette recherche. Pour cela nous avons analysé les profils oculomoteurs de patients AVC présentant des alexies centrales et des alexies périphériques, afin de déterminer s'il existe ou non des particularités oculomotrices. En effet les processus perturbés sont spécifiques : pour les premières il s'agit du traitement linguistique ; pour les deuxièmes du traitement visuel.

Nous aborderons dans ce travail tout d'abord les aspects cognitifs de la lecture, en décrivant aussi les structures cérébrales sous-jacentes. Puis nous décrirons les différentes composantes de l'oculomotricité et son fonctionnement en lecture. Nous évoquerons ensuite les troubles acquis, centraux et périphériques, de la lecture pouvant être provoqués par une lésion cérébrale, ainsi que les désordres oculomoteurs habituellement retrouvés. Par la suite, nous présenterons les résultats obtenus, l'objectif étant, grâce à l'analyse statistique des données recueillies, d'évaluer la sensibilité des tests oculomoteurs effectués et leur pertinence en tant qu'exploration fonctionnelle, ainsi que d'établir des normes et des seuils pour l'oculomotricité en lecture chez l'adulte.

## **I – THEORIE**

---

### **Chapitre 1 : LECTURE**

Lire est une activité simple, évidente, pour le lecteur expert. Mais cette aisance relève d'un haut degré d'automatisation dans les mécanismes impliqués (De Partz, 2001). La lecture est un processus cognitif complexe. Elle nécessite l'intégrité des mécanismes et processus suivants, ainsi que des structures cérébrales qui les sous-tendent :

- l'acuité visuelle, la vision binoculaire, l'exploration visuelle adaptée,
- la motricité oculaire – saccades et fixations – nécessaire à déplacer le champ visuel sur le support écrit,
- la perception dans les aires visuelles,
- les capacités cognitives et linguistiques enfin, indispensables pour traiter les représentations lexicales et sémantiques extraites.

Lire c'est en quelque sorte rendre accessibles les aires du langage (situées dans l'hémisphère gauche pour la majorité des sujets) par les aires visuelles. (Dehaene, 2007).

#### **Modèles cognitifs de la lecture**

*« L'étude anatomo-clinique des alexies, pertes de la lecture consécutives à des lésions focales du cerveau, a donné naissance aux conceptions classiques de déconnexion inter- ou intra hémisphérique des syndromes neuropsychologiques. »* (Habib, 1996)

La neuropsychologie cognitive, par ses études réalisées auprès de patients présentant des alexies (ou dyslexies acquises), a permis la modélisation des processus cognitifs mis en jeu lors de la lecture. Dans un premier temps, la publication du modèle d'analyse des processus de lecture chez l'adulte par Marshall et Newcombe (1973) décrit deux voies, plus ou moins indépendantes, comprenant différentes étapes réalisées successivement : de l'intégration des informations visuelles jusqu'à l'identification des mots écrits. Sous l'impulsion de leur travail les modèles cognitifs de type « double-voie » se sont développés, parmi lesquels le modèle de Seidenberg et McClelland (1989), initiateurs du modèle « Parallel Distributed Processing : PDP », décrit comme connexionniste et triangulaire (Carbonnel, 1996 ; Coltheart, 2005). Puis Ans, Carbonnel & Valdois (1998),

proposent le modèle de Mémoire à Traces Multiples en se basant sur l'architecture du réseau PDP, avec la particularité de pouvoir traiter des mots polysyllabiques français, et en ajoutant une composante visuo-attentionnelle. La plupart des modèles sont directement issus du modèle initialement proposé par Marshall et Newcombe en 1973, en présentant chacun sensiblement le même type d'architecture.

La révolution cognitiviste évoquée par Habib en 1996 s'est depuis poursuivie. Les outils de l'analyse cognitiviste sont plus que jamais aujourd'hui utilisés pour décrire les processus de la lecture.

Notamment le modèle DRC (dual route cascaded model) de Coltheart et coll. (2001) (figure 1 ci-après), qui permettrait de simuler à 99,99% les phénomènes étudiés dans la lecture normale (Maïonchi-Pino, 2008). Il semble, en outre, efficace pour simuler les différentes formes de dyslexies acquises, ce que les modèles connexionnistes n'arrivent pas à réaliser (Coltheart, 2005). Souvent utilisé en recherche, le modèle DRC est aussi très utilisé dans la pratique clinique.

### **Le modèle à double voie de Coltheart**

Le modèle à double voie DRC (figure 1 ci-après) du chercheur cognitiviste Max Coltheart, proposé à la fin des années soixante-dix, perfectionné ensuite, décrit un mécanisme de reconnaissance des mots écrits. Coltheart y fait la synthèse des différents modèles à une seule voie qui peuvent sembler a priori opposés : la théorie de l'accès direct (Seidenberg et McClelland, 1989), et la théorie de médiation phonologique de Perfetti et Bell (Ferrand, 1995). Ce modèle à double voie a progressivement évolué pour devenir en 2001 le modèle DRC, computationnel, en cascade, à triple voie, même si son nom reste « Dual Route Cascaded model ».

Le modèle DRC décompose la lecture à haute voix chez le lecteur expert en 2 mécanismes en suivant l'hypothèse que le traitement s'effectue soit en sériel, soit « en cascade » selon les informations à traiter : les modules en amont sont activés les premiers et déclenchent presque immédiatement l'activation des modules en aval, de façon linéaire. Deux voies, indépendantes l'une de l'autre, mais activées parallèlement, permettent de faire toutes les lectures : toutes les transpositions de mots écrits en mots parlés. Le modèle DRC a été implémenté sur informatique pour des simulations en anglais, allemand et français.

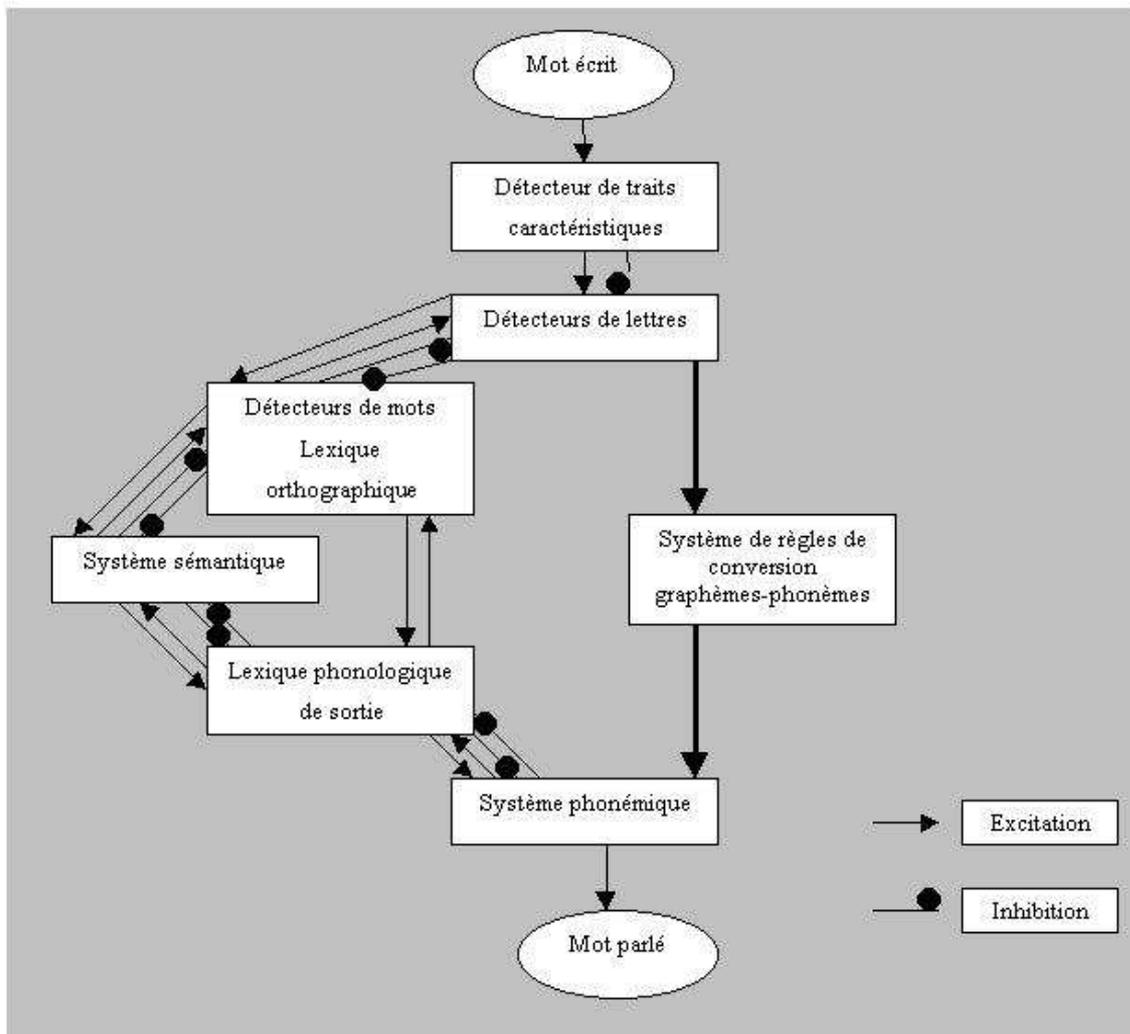


Figure 1. Architecture du modèle de lecture DRC, adapté de Coltheart et coll. (2001).

On distingue deux voies :

- la voie sub-lexicale (ou voie de conversion grapho-phonémique CGP, ou voie indirecte, ou encore voie de la procédure d'assemblage) : elle fait appel aux règles de conversion des graphèmes en phonèmes. Cette procédure serait utilisée pour la lecture des mots peu familiers et des mots nouveaux, ainsi que pour la lecture à haute voix d'assemblages de lettres, prononçables, mais ne constituant pas des mots : les pseudo-mots. Autrement dit, pour lire des mots qui ne seraient pas encore stockés dans notre lexique mental.

Dans la voie sub-lexicale, indirecte, le mot est perçu comme un enchaînement de graphèmes (lui-même constitué de traits caractéristiques), chaque graphème ayant une correspondance phonémique. Le processus comprendrait trois étapes : la segmentation : le mot, qui est une chaîne graphique, est segmenté en graphèmes ; la conversion : chaque graphème est converti en son phonème correspondant ; la synthèse enfin : les phonèmes

sont assemblés. Les stimuli se dirigeraient alors vers le système phonémique (il faut ajouter la mémoire à court terme verbale et le système articulatoire, non représentés ici), pour former le mot oralement. Le processus sub-lexical autorise la lecture de mots qui ne sont pas encore dans le lexique mental du sujet. Ils ne peuvent donc pas être lus par le processus direct, lexical, dit d'adressage. C'est en revanche une procédure que l'on dit « générative » : elle est un moyen privilégié d'auto-apprentissage : en décodant ainsi les mots, nous devenons autonomes dans l'enrichissement de notre lexique orthographique individuel. (Maïonchi-Pino, 2008).

- la voie lexicale (ou procédure directe, ou d'adressage direct, ou la voie lexico-sémantique) : elle réaliserait l'appariement direct de la configuration écrite du mot avec sa représentation visuelle en mémoire : le lexique orthographique. Il n'y aurait pas d'utilisation préalable des connaissances phonologiques. Le mot est apparié grâce à sa forme générale, sa prononciation est extraite dans le même temps. Cette voie se dédoublant, elle passerait ou non, par le système sémantique. Elle fournirait un accès immédiat du mot à sa représentation dans le lexique mental.

Avec la voie lexicale nous lisons les mots familiers. Ils ont chacun un seuil d'activation du lexique orthographique correspondant. Ce dernier différant selon la fréquence d'usage de chaque mot. Avec cette voie nous lisons les mots réguliers et les mots irréguliers (ceux pour lesquels les règles de conversion graphèmes / phonèmes ne s'appliquent pas). Cette procédure, rapide, est donc nécessaire à l'automatisation de la lecture. Un « lexique mental » se construit peu à peu, sorte de dictionnaire, situé dans la mémoire sémantique, dans lequel les représentations orthographiques déjà perçues par le lecteur sont stockées.

La voie lexicale se dédouble en deux branches : la voie lexicale sémantique et la voie lexicale non-sémantique. La voie lexicale non-sémantique, proposée par Coltheart dès 1978 dans sa première version du modèle DRC, serait un accès direct au mot oral correspondant à une succession ordonnée de lettres : le mot, identifié dans le lexique orthographique d'entrée, active immédiatement le mot oral correspondant dans le lexique phonologique de sortie.

Avec la voie sémantique - majoritairement utilisée par le lecteur « expert » - il y a identification du mot écrit (appariement avec les représentations orthographiques déjà perçues) et accès simultané au sens du mot (Klein, 2009).

### Interaction des deux voies :

Dans le modèle DRC, l'information progresse en cascade d'un module à l'autre à partir des représentations symboliques : traits, lettres, ..., phonèmes... Par la voie lexicale les stimuli arrivent à la forme stockée en mémoire grâce à des liens bidirectionnels d'activation et d'inhibition graduels. Par contre, la voie sub-lexicale, pré lexicale, n'opère que des activations unidirectionnelles. Pour Coltheart les deux voies s'activent simultanément et parallèlement avant de converger vers le système phonémique (Maionchi-Pino, 2008 ; Coltheart, 2005).

Autrement dit : quand un mot écrit est perçu, les deux voies sont activées en parallèle au même moment. La voie directe, en principe la plus rapide, est prioritairement utilisée pour lire les mots familiers. Si elle n'est pas efficiente la voie d'assemblage, à l'efficacité primordiale, prend le relais. C'est le cas pour les non-mots, les noms propres et les mots inconnus. Elle assure aussi le contrôle a posteriori de ce qui a été lu : en cas d'erreur de lecture par adressage, les indices fournis par l'assemblage, effectué en parallèle, permettent au lecteur de s'auto corriger instantanément.

Les deux voies sont donc complémentaires et les interactions entre elles permettent ainsi la lecture de tous les mots et non-mots de la langue.

Le modèle à double voie est remis en question : la lecture en effet est une activité complexe qui ne saurait se résumer à la reconnaissance de mots isolés. Il est donc difficile d'admettre la totale indépendance des deux procédures de lecture (De Partz, 2001). Grainger et Holcomb (2007) postulent eux l'existence d'une influence phonologique rapide pré-lexicale, au sein d'une architecture hautement interactive, dont ne pourrait rendre compte le modèle DRC.

Pourtant, le modèle DRC, même s'il est très schématique, permet de comprendre les processus qui sous-tendent l'activité de lecture. Il permet aussi d'en traiter les éventuelles anomalies (Coltheart, 2005). Il est utilisé, en clinique, pour évaluer et rééduquer les dyslexies développementales ou acquises. Il permet d'estimer précisément les performances des deux voies de lecture, de façon à adapter les remédiations proposées. On peut alors renforcer la voie qui fonctionne le mieux, rééduquer celle qui fonctionne moins bien (Klein, 2009).

## **Supports anatomiques du traitement cognitif de la lecture**

L'acte de lecture nécessite l'intégration des systèmes fonctionnels mais aussi en premier lieu la préservation du décodage visuel des informations écrites. Les signaux venant de chaque œil se projettent après le chiasma dans les aires visuelles primaires et associatives au niveau du cortex occipital. Puis, classiquement deux voies de traitement visuel sont décrites à partir des aires corticales visuelles primaires : la voie dorsale ou « voie du où » ou voie occipito-pariétale qui sous-tend schématiquement les activités de localisation dans l'espace, de mouvement et de saisie. ; et la voie ventrale, « voie du quoi » ou voie occipito-temporale, qui reconstruit les informations visuelles pour parvenir à la reconnaissance des visages, des objets, des couleurs, des lettres. Pour la lecture, la région cérébrale au début de cette voie ventrale « du quoi » est activée lors de l'activité majeure de reconnaissance des mots écrits.

Des études en IRM fonctionnelle situent le siège de la forme visuelle des mots, ou Visual Word Form Area dans la région occipito-temporale ventrale gauche. (VWFA) (Cohen et coll., 2000 ; Dehaene et coll., 2002). Elle est activée chez tous les bons lecteurs et sa localisation est reproductible à travers les individus et les cultures (écart-type ~5-7 mm) en dépit de la variabilité des plissements du cortex (Dehaene, Leclech, et coll., 2002). De manière invariante son activation ne s'effectue qu'après une présentation de mots en modalité visuelle (Cohen et coll., 2000) entre 150 et 200 ms alors qu'aucune activation n'est observée en cas de présentation auditive de mots (Dehaene et coll., 2002) et quelle que soit la position des mots, qu'ils soient présentés dans l'hémi champ visuel gauche ou droit. Les modifications de casse, de police, de taille, n'y changent rien : cette aire s'active en effet de la même façon quelles que soient les propriétés formelles du mot. En effet, la VWFA traiterait les lettres, les signes écrits, les graphèmes, par association, par reconstitution de leurs traits constitutifs élémentaires, en étape pré-lexicale. Viendrait ensuite, l'étape lexicale, au cours de laquelle l'information issue de la VWFA se projetterait, selon la tâche à effectuer (compréhension, lecture à haute-voix...) dans les régions des traitements sémantique, verbal, articulatoire : une activité est alors visible en IRMf ou avec des caméras à positon dans les régions temporales et frontales.

Dehaene (2007), se basant sur la plasticité cérébrale, propose l'idée du recyclage neuronal : cette région serait à l'origine habituée à traiter la reconnaissance des objets, et ce quel que soit leur position dans l'espace. Avec l'apprentissage de la lecture elle deviendrait aussi le lieu de reconnaissance des signes et des mots écrits. Chez tous les primates, cette

région occipito-temporale ventrale joue un rôle essentiel dans la reconnaissance invariante des objets et des visages. Elle réalise donc déjà l'invariance pour la position, la taille et l'angle de vue. Nous la recyclons pour la lecture. Ces considérations sont aussi une piste pour évoquer les difficultés de certains lecteurs, dyslexiques, pour différencier par exemple la lettre « b » de la lettre « d » (Dehaene, 2007). Un apprentissage explicite semble donc absolument nécessaire pour rendre impossibles ces confusions « normalement » faites par notre cerveau.

Les données récentes d'imagerie cérébrale (méta-analyse de Jobard et coll., 2003, citée par Dehaene, 2007) tendent à mettre en évidence les deux voies de lecture au niveau anatomique : elles montrent que la région temporale moyenne gauche serait davantage activée lors de l'accès au sens des mots : cette région sous-tendrait la voie « d'adressage » lexico-sémantique. L'apprentissage de la lecture « recyclerait » une fraction de la voie visuelle ventrale pour la reconnaissance rapide, parallèle et automatique des mots écrits.

La voie dorsale, elle, contribuerait à la lecture sérielle et attentive : chez l'adulte pour la lecture de mots dégradés et de pseudo-mots ; chez l'enfant au cours du déchiffrage. La région temporale supérieure et en particulier le planum temporal serait le siège de la convergence des lettres et des sons : la voie phonologique.

## **Chapitre 2 : OCULOMOTRICITE ET LECTURE**

« *La lecture est une invention culturelle qui « recycle » une partie de notre système visuel afin d'accéder aux représentations linguistiques par le biais de notre vision. Les contraintes imposées par notre système visuel sont considérables : nous devons sans cesse déplacer le regard sur la page et nous n'acquérons d'informations que sur une dizaine de lettres à chaque fixation.* » (Dehaene, 2007). Les mouvements oculomoteurs sont une nécessité pour le lecteur ; ils sont constitués de saccades - de très brefs mouvements des yeux - et de fixations - c'est-à-dire de brèves périodes pendant lesquelles l'œil capte les signes écrits -. Saccades et fixations se succèdent tout au long de la lecture d'un texte. Il n'y a aucun traitement linguistique pendant les saccades. A chaque fixation en revanche nous acquérons des informations sur une dizaine de lettres (Rayner, 1998). L'oculomotricité dans la lecture correspond aux processus périphériques engagés : ce sont les processus dits de « bas » niveau ou de niveau précoce. Ils relèvent d'un très haut niveau d'automatisation pour que leur rapidité, leur coordination, leur précision, donnent une perception qualitative, permettant la circulation rapide et intègre des stimuli pour les traitements suivants, en d'autres mots pour qu'ils servent efficacement l'activité de lecture.

### **Au niveau neuro-anatomique et moteur**

L'oculomotricité fait intervenir le niveau moteur servant à l'exécution du mouvement et le niveau cognitif générant la commande. Le premier se situe dans le tronc cérébral, le second dans les hémisphères cérébraux : dans les aires et circuits corticaux de la motricité volontaire. Le tronc cérébral et plus particulièrement le colliculus supérieur abrite le centre moteur des mouvements oculaires : il les "code" sous la forme d'une commande motrice en amplitude et direction. Enfin, le cervelet, organe d'intégration, coordonne et module les mouvements. L'une de ses fonctions principales est d'évaluer et de rectifier l'exécution des mouvements déclenchés par les aires motrices du cortex cérébral. Au niveau de l'oculomotricité, il contrôle la précision des saccades (Wong, 2008 ; [www.eyebrianpedia.com](http://www.eyebrianpedia.com), 2011). Au niveau moteur les yeux bougent grâce à un jeu de 6 muscles pour chaque œil. Les 6 muscles homolatéraux sont associés entre eux et avec les 6 muscles de l'autre œil. Ils peuvent être synergiques et antagonistes et assurent ainsi la mobilité des yeux et leur coordination. Ce mécanisme peut nécessiter un (ré)apprentissage pour certains individus (David-Millot, 2008).

## Saccades

Les saccades sont de très rapides mouvements conjugués des deux yeux. Ce sont des mouvements balistiques. Une saccade déplace très vivement les deux yeux dans la même direction de façon à ce que l'image de l'objet visé, la cible, soit amenée sur la fovéa. Nous faisons environ cent mille saccades par jour. (Wong, 2008).

Kapoula (2004) rappelle que pendant les saccades « *les deux yeux bougent ensemble dans la même direction et presque avec la même amplitude. La plupart des saccades sont exécutées en moins de 60 millisecondes. Une saccade de 10 degrés atteint la vitesse maximale de 340 degrés par seconde. La saccade est le plus rapide des mouvements naturels !* »

En lecture, les saccades sont le mouvement indispensable qui précède chaque nouvelle fixation. Elles durent entre 20 et 35 millisecondes. Pour une lecture « experte » elles doivent être rapides et précises pour positionner une portion de l'image sur la fovéa qui est le lieu de la meilleure vision. Pour cela la vitesse de la saccade est croissante puis diminue avant la stabilisation et l'arrêt sur la fixation recherchée. Si elle est imprécise elle est suivie de petites saccades de correction vers le but visuel. L'amplitude d'une saccade de lecture est en moyenne de 7 à 9 caractères, mais leur longueur dépend chez chaque lecteur du contenu de l'information lue, de sa difficulté (Content & Peerman, 2000).

Les saccades de progression, ou « pro-saccades » représentent en lecture la grande majorité des saccades. Elles permettent des déplacements, rapides et de grande amplitude, dans le sens de la lecture : de gauche à droite en français. Leur amplitude varie d'une personne à l'autre mais aussi chez la même personne en fonction du support (Quercia, 2010). La qualité d'impression, la longueur des lignes, l'espacement des caractères, la typographie influencent aussi les saccades (Rayner, 1998). Dans une étude de 2001, Starr et coll. ont montré que, si les pro-saccades étaient en moyenne de 8,1 « espaces lettres », elles variaient en réalité de 3 à 15 lettres selon les mots. Les saccades du lecteur expert permettent de poser le regard légèrement à gauche du centre du mot. Cette position idéale - les mots sont ainsi reconnus avec une précision maximale - ne dépendrait pas du contenu linguistique du mot (Quercia, 2010). Starr et coll. (2001) ont aussi montré que les saccades semblent être influencées par le bénéfice de l'information parafovéale extraite, ou prévisionnée, des mots suivants.

Les « rétro-saccades », 10 à 15 % d'entre elles, se font en sens inverse, de droite à gauche en français. Elles servent à faire des vérifications quand une information est incomplètement extraite par la première fixation, à éliminer des difficultés linguistiques, sémantiques, par définition propres à chaque lecteur (Starr et coll., 2001). Elles sont rapides et de faible amplitude, (de 1 à 5 caractères). Elles dépendent de la compréhension du texte lu, mais si elles sont trop nombreuses, elles gênent la vitesse de lecture et la compréhension. Les saccades de retour à la ligne, sont quant à elles des rétro-saccades de grande amplitude (environ 50 caractères), légèrement obliques (pour permettre un décalage d'un interligne) et vont de droite à gauche en 80ms en moyenne.

### **Fixations**

Les fixations permettent la capture de l'image par l'œil pendant la lecture. L'œil extrait les stimuli écrits : traits graphémiques, graphèmes, syllabes, mots, suites de lettres ; ils sont ensuite véhiculés dans les zones corticales de traitement.

Les fixations se définissent principalement par leur durée (Rayner, 1998). En 2001 Starr et coll. ont montré dans une étude que, si les fixations duraient en moyenne 222ms, elles avaient un écart type élevé et duraient en réalité dans cette étude entre 140 et 310ms en moyenne. De manière générale elles durent entre 100 et 500ms et leur durée moyenne est de 200 à 250ms au cours de la lecture normale. Les facteurs influençant cette durée sont nombreux. Les propriétés linguistiques du texte, l'espace entre les lettres, la longueur des mots, leur concrétude, l'effet de familiarité ou la fréquence, l'âge d'acquisition des mots influencent la durée des fixations. (Juhasz et coll., 2003 ; Aghababian et coll., 2007). En revanche la taille et la typographie de la lettre ne modifient pas la durée de fixation (phénomène d'invariance) (Dehaene, 2007). L'extraction de l'information, selon l'étude de Blythe et coll. (2009) semble se faire très tôt chez le lecteur expert : dès les 50 à 60 premières millisecondes ; en effet le masquage du mot après cette courte période ne modifie ni la compréhension ni la vitesse de lecture. La majorité des mots sont fixés une fois, d'autres deux fois (rétro-saccade et refixation), d'autres mots ne sont pas fixés, enfin notons que parfois les yeux se posent entre deux mots (Nazir, 1998). La nature des mots (effets de grammaticalité, de concrétude) influence en réalité la fixation : Starr et coll. (2001) ont montré que 85% des mots prégnants pour la compréhension du texte sont fixés contre 35% en moyenne des mots grammaticaux. Non seulement la nature des mots mais le contexte influence de manière importante les fixations : les termes prédictibles sont moins fixés. Un effet de longueur existe aussi : les mots de deux à trois lettres sont fixés

25% du temps alors que les mots de huit lettres sont eux quasiment tous fixés. Notons que les profils oculomoteurs dans une tâche de lecture diffèrent si elle est silencieuse ou à voix haute : en lecture à voix haute, les durées de fixations sont plus longues, les yeux semblent « attendre la voix » (Lévy-Schoen, 1980).

Le point précis de fixation a une incidence directe sur la performance de reconnaissance des mots écrits et donc sur la durée de la fixation ; cela s'observe dès la première année après le début d'apprentissage de la lecture. (Aghababian, 2000)

Le rôle de la fovéa : elle correspondant à 15 degrés du champ visuel et c'est la seule région de l'œil qui capte les lettres avec la précision qui permet de les reconnaître. Sept à dix caractères sont fixés. Mais on sait que l'identité de 3 à 4 lettres à gauche et de 7 à 8 lettres à droite de la fixation est extraite. Beaucoup plus, 27 caractères à droite du point de fixation en prétraitement selon Foucambert (2008). L'empan perceptif est donc plus grand que la fovéa : la perception dans la zone parafovéale est donc aussi très importante pour la perception des mots écrits (Content et coll., 2000). La taille de l'empan perceptif complet influence performance et vitesse de lecture car il permet l'anticipation, le prétraitement des caractères à venir et la programmation des saccades suivantes (Nazir, 1998 ; David-Millot, 2008 ; Urban, 2013). Des informations de type linguistique, traitées à partir des stimuli extraits de la zone parafovéale, sont extraites sur les mots suivants la fixation en cours ainsi que sur leurs limites (les espaces entre les mots), elles participent au traitement linguistique et servent à préparer les saccades à venir (Dehaene, 2007).

### **Coordination binoculaire**

La coordination binoculaire (l'inverse est la disconjugaison) renvoie à la vision simultanée des deux yeux. Elle peut être incomplète lors des saccades mais doit être la plus effective possible lors des fixations pour une lecture experte. Lorsque nous lisons, les deux yeux bougent (pendant les saccades) pour fixer le mot mais ils doivent aussi converger à la distance à laquelle se trouve le mot ; si le mouvement de vergence est incorrect, le mot apparaît flou ce qui peut causer un ralentissement dans la lecture (Bucci et coll. 2012). La vision binoculaire aboutit à une fusion de convergence.

Lorsqu'un sujet lit, sa cible est fixe, et son regard mobile. Cette particularité se répercute sur la stratégie dite de « relais binoculaire » du lecteur : en principe, l'œil gauche commence une ligne, les deux yeux en lisent le milieu, l'œil droit la termine (David-Millot, 2008).

Saccade et vergence sont des mouvements naturellement imbriqués et coactivés, surtout pour les distances moyennes et proches (inférieures à 80 centimètres) comme en lecture. En les dissociant en laboratoire, on a pu établir que la vergence isolée est un mouvement lent, qui peut durer plusieurs centaines de millisecondes. Mais dès qu'elle est combinée à la saccade, la vergence devient presque aussi rapide que la saccade. Il existerait un ajustement continu de la commande de la vergence avec la commande de la saccade. Ce mécanisme serait le fruit d'un apprentissage oculomoteur pour arriver à réaliser la praxie oculomotrice adéquate automatisée (David-Millot, 2008 ; Bucci et coll. 2012).

### **Aspects développementaux**

L'arrivée à maturité du système oculomoteur pour la lecture se fait autour du CE2 selon Kapoula (2004) et Yang et coll. (2004). L'apprentissage de ces praxies oculomotrices se fait avec l'apprentissage de la lecture comme avec l'exposition croissante aux supports écrits. Selon Quercia (2010), le comportement visuel de l'enfant est proche de celui de l'adulte à partir de l'âge de 12 ans. Pendant la période qui précède, on voit progressivement une diminution de la durée et du nombre de fixations, une diminution des saccades régressives et des refixations. La longueur des pro-saccades augmente, et à onze ans les pro-saccades d'une amplitude de deux caractères ont quasiment disparu alors qu'elles représentent 90% des saccades à l'âge de six ans. L'empan visuel (vision fovéale et parafovéale : largeur du texte où le lecteur est capable de tirer des informations utiles) s'agrandit et devient asymétrique comme celui de l'adulte privilégiant la zone de lecture à droite de la fixation. L'habileté à extraire l'information visuelle serait quant à elle proche de celle de l'adulte dès l'âge moyen de 7 ans (Blythe et coll., 2009). Les différences de performance liées à l'âge seraient davantage conditionnées par le développement du système visuel que par la progression des aptitudes cognitives (Aghababian, 2000 ; Quercia, 2010). On voit ici l'importance pour un enfant en cours d'acquisition de la lecture d'avoir de bonnes aptitudes oculomotrices, et donc la nécessité de recourir à la rééducation orthoptique si tel n'était pas le cas.

### **Chapitre 3 : ALEXIES**

Dejerine en 1887 présente le cas de Monsieur C., un marchand lettré, ayant totalement perdu la capacité de lire après un accident vasculaire cérébral. Il avance alors l'idée qu'un système spécialisé se développe chez le lecteur expert, et se situe, déjà, dans le gyrus angulaire gauche. Son hypothèse est qu'une lésion de la substance blanche a déconnecté cette aire (de la représentation visuelle des mots) des cortex visuels. Effectivement Monsieur C. pouvait épeler mais ne pouvait pas lire les mots. (Dejerine, 1892 ; Bub et coll., 2003).

On distingue habituellement les dyslexies - troubles développementaux de la lecture - des alexies - les troubles acquis. Parmi les alexies, acquises le plus souvent après lésion cérébrale, on distingue : l'alexie « périphérique » et l'alexie « centrale ». Les premières sont liées à l'atteinte du système visuel ; les secondes touchent le système linguistique. Les deux types d'alexie sont le plus souvent attribuables à un accident vasculaire cérébral (AVC). Les autres causes, rares, sont la conséquence de pathologies infectieuses, dégénératives et tumorales. La plupart des AVC occasionne le développement d'un problème de lecture. La pathologie touche, dans le cas de l'alexie centrale, dite aussi alexie aphasique, l'hémisphère gauche du cerveau (siège de la faculté du langage). L'atteinte des structures cérébrales irriguées par l'artère cérébrale postérieure (ACP) est quant à elle la cause la plus fréquente d'alexies périphériques.

Leff et coll. (2010), relèvent que « [...] *l'atteinte des structures cérébrales irriguées par l'artère cérébrale postérieure est la cause la plus fréquente de l'alexie périphérique ; alors que des dommages causés dans le territoire de l'artère cérébrale moyenne sont quant à eux plus susceptibles de causer une alexie centrale* ». La proximité de ces territoires conduit à des troubles qui ne sont pas toujours « purs ».

Les alexies sont ici présentées à travers leurs aspects cognitifs, selon le modèle à deux voies utilisé pour décrire la lecture : le Modèle DRC de Coltheart et coll. (2001) (figure 1 page 4).

#### **Alexies Périphériques**

Dans les alexies périphériques les causes du trouble se situent en amont du système linguistique. Les troubles constatés ne dépendent pas des stimuli utilisés (mots réguliers, irréguliers, de concrétudes et fréquences variables ; pseudo-mots) : le déficit périphérique les touche de manière identique (Martinaud, 2008).

Le module atteint est dans ces alexies-là celui de l'analyse visuelle. Cette dernière dysfonctionne suite à un trouble neuro-visuel acquis. Ci-après une brève description des deux troubles neurovisuels le plus souvent en cause dans les alexies périphériques.

### **Troubles neurovisuels acquis**

Amputation du champ visuel ou trouble de l'exploration de l'espace, les troubles neurovisuels acquis d'origine centrale sont causés par des lésions situées en arrière du chiasma optique. Ils sont toujours homonymes (la même portion du champ visuel est atteinte pour chaque œil). Ces troubles peuvent être rééduqués contrairement aux troubles ophtalmologiques (Chokron, 2003).

#### **- Hémianopsie latérale homonyme – HLH**

C'est le trouble neurovisuel d'origine centrale le plus fréquent. L'HLH est une amputation du champ visuel. Elle est due à une lésion unilatérale après le chiasma optique. La conséquence de cette lésion est une perte du champ visuel – contra-lésionnel – pour les deux yeux. Par exemple une lésion gauche – le plus souvent une lésion occipitale unilatérale – donne une perte des champs visuels droits, de l'œil gauche et de l'œil droit. (Chokron, 2003). On parlera ici d'HLH droite en référence au champ amputé.

L'étiologie la plus fréquente des HLH est l'accident vasculaire cérébral (70%). Les autres contextes sont tumoral, traumatique, dégénératif, infectieux ou anoxique (Dulin, 2008).

L'étude anglaise systématique de Rowe (2008) a porté sur une population de 323 patients AVC d'âge moyen 69 ans. Elle a montré que près de la moitié des patients (49,5%) étaient atteints d'une perturbation du champ visuel ; on retrouvait 29,4% de patients souffrant d'une HLH complète.

Dans l'HLH le champ central est parfois épargné, on parle alors d'épargne maculaire. La macula, autour de la fovéa, est la zone rétinienne supportant le plus grand nombre de cônes codant la lumière. Cette zone correspond au champ visuel central. Le champ visuel très central est celui de la meilleure vision. C'est celui que nous utilisons principalement pour la lecture. Plus la lésion est précoce sur les voies visuelles, plus le champ maculaire est atteint et inversement. (Chokron, 2003).

Sans rééducation spécifique, les patients atteints d'HLH récupèrent généralement quelques degrés de champ visuel. Au-delà de 3 ans il n'y a souvent plus de récupération spontanée. Les difficultés retrouvées sont handicapantes au quotidien : se déplacer, lire...

## **- Négligence spatiale unilatérale – NSU**

La négligence spatiale unilatérale, NSU, est un trouble de l'exploration de l'espace. Plus précisément un déficit d'exploration d'un héli-espace. Selon Chokron (2008), 20 à 30 % des patients atteints de lésion vasculaire cérébrale souffriraient de NSU.

La négligence spatiale unilatérale est un symptôme d'ignorance de l'héli-espace controlatéral à une lésion pariétale, droite le plus souvent, sans que ce trouble puisse être attribué à un déficit sensoriel ou moteur. C'est un trouble spatial et non un trouble visuel. Le patient négligent n'a pas conscience de son trouble : il ne peut pas le compenser, contrairement au patient HLH qui lui n'est pas anosognosique, et peut donc, volontairement, en tournant la tête, déplacer son point de fixation et son champ visuel. Dans la NSU toutes les informations qui arrivent dans l'héli-espace gauche, quelle que soit la modalité sensorielle, « n'existent pas », sont totalement ignorées. La NSU ne peut pas être une amputation du champ visuel car cette négligence peut s'observer dans d'autres modalités (auditive, olfactive, tactile...).

Chokron (2008) rappelle que « *Le trouble attentionnel de la NSU peut parfois ne pas dépendre étroitement des hémichamps visuels et affecter des niveaux ultérieurs de traitement, permettant de former une représentation de l'espace centrée sur l'objet lui-même. Par exemple, certains patients négligent la partie controlésionnelle d'un même objet, même si cette partie est présentée dans la moitié ipsilésionnelle du champ visuel. Ainsi, les patients présentant à la fois une NSU gauche et une hémianopsie gauche négligent parfois la partie gauche des mots en lecture, même si ces mots ont été présentés dans l'hémichamp visuel droit (Kinsbourne et Warrington, 1962 ; Siéroff, 1991) ».*

## **Alexie par hémianopsie**

Les difficultés en lecture sont ici la conséquence de l'HLH. Les lésions cérébrales habituellement constatées dans l'alexie hémianopsique sont : les lésions provoquant une HLH (lésion occipitale unilatérale le plus souvent) et celles provoquant une HLH sans épargne maculaire, souvent post-géniculées, qui donneront une alexie avec HLH plus handicapante (Leff, 2004). Les patients avec l'alexie hémianopsique la plus prononcée sont ceux ayant une HLH droite (lésion gauche) ; en effet, dans les langues lues de gauche à droite comme en français, nous avons besoin de l'information visuelle se trouvant à droite du point de fixation qui est en train d'être lu, pour planifier la prochaine saccade oculaire et la fixation suivante. (Leff et coll., 2006). Ces lecteurs sont amputés

d'une partie importante de l'information visuelle parafovéale, de nature notamment linguistique, dont nous nous servons pour planifier et orienter les saccades suivantes (Zihl, 1995).

La principale caractéristique de l'alexie hémianopsique est une lecture très lente. Elle est aussi marquée par des omissions visuelles et des erreurs issues d'une tentative à deviner le mot. Les patients alexiques avec HLH gauche feraient davantage d'omissions de préfixes et de petits mots au début de la ligne de lecture ; la lecture des patients alexiques avec HLH droite serait elle caractérisée par des omissions et des substitutions de suffixes et de petits mots particulièrement en fin de ligne. (Schuett et coll., 2008 ; Schuett et coll., 2009)

Schuett et coll. (2008) rappellent que l'alexie avec HLH est le trouble acquis de la lecture d'origine périphérique le plus courant. Le lecteur alexique avec HLH droite (lésion corticale gauche) adopte des stratégies de lecture inefficaces en fixant à gauche du point idéal de fixation les mots de 4 lettres ou plus. Non seulement une partie réduite du mot est analysée par le système linguistique, mais ces « mauvaises » fixations sont aussi plus propices à provoquer une relecture du même mot (saccades régressives - rétro-saccades - et re-fixations) (McDonald et coll., 2006).

Les patients décrivent principalement une lecture lente, coûteuse. Même si leur capacité à lire normalement ou presque des mots présentés individuellement est meilleure. Ils peuvent aussi prendre plus de temps pour lire les mots plus longs, ces derniers ne pouvant être perçus entièrement dans leur champ visuel résiduel (Pflugshaupt et coll., 2009).

Le rendement en lecture de ces patients est influencé, nous l'avons vu, par le côté où se situe le déficit du champ visuel, mais aussi par l'ampleur de l'atteinte hémianopsique.

*« La gravité du trouble de lecture est également inversement proportionnelle au nombre de degrés d'angle visuel à la droite du point de fixation. Les patients qui ne présentent qu'un seul degré d'angle visuel ont un déficit de lecture deux fois plus lent que ceux qui présentent trois degrés et quatre fois plus lent que ceux qui ont cinq degrés d'angle visuel. Ce dernier groupe présente des taux de lecture à peu près normaux. »* (Leff et coll., 2010 ; Pflugshaupt et coll., 2009 ; Zihl, 1995).

### **Alexie de la négligence**

L'alexie par négligence est habituellement causée par des lésions touchant le lobe pariétal droit. Le champ visuel négligé dans ces cas-là est donc le gauche. L'alexie par

négligence se situe dans le contexte d'un trouble plus général du traitement de l'information spatiale. Dans ce cas, les erreurs portent principalement sur une partie des stimuli écrits, qu'il s'agisse d'une lettre, d'un mot ou encore d'un texte. (Bocoyran et Descat, 2002). Les erreurs observées sont principalement liées aux préfixes, omis ou substitués (par exemple, /bon/ lu comme étant « on » ; /bas/ lu comme le mot « cas ») (Leff et coll., 2010).

Les patients atteints d'alexie par négligence présentent habituellement des signes de la présence d'un syndrome plus général de négligence visuo-spatiale, bien que ceux-ci puissent être dissociés (Costello et Warrington, 1987).

Suite à une étude sur 23 patients négligents, Ladavas, Shallice et Zanalla (1997) ont montré qu'il existe une interaction importante entre les processus attentionnels (non modélisés dans la plupart des modèles cognitifs de lecture) et les différentes voies de lecture, et que l'accès sémantique peut être significativement préservé dans les alexies par négligence. Les travaux de Bub (2003) confirment aussi ces éléments.

### **Alexie pure**

L'alexie pure est une alexie périphérique par dysfonctionnement du module de l'analyse visuelle. La première forme de cette alexie a été décrite par Dejerine en 1892 ; il la nomme alors « cécité verbale pure ». C'est la forme archétypale (Bub, 2003). On pense qu'elle résulte de la lésion ou de la déconnexion d'avec l'aire de la forme visuelle des mots (VWFA), région située dans le sillon occipito-temporal gauche, et qui coderait l'identité abstraite de séries de lettres représentées visuellement. (Cohen et coll., 2004). Les autres fonctions du langage sont relativement préservées. C'est pourquoi on nomme aussi l'alexie pure alexie sans agraphie.

Les patients atteints d'alexie pure peuvent généralement reconnaître, et nommer, les lettres de façon individuelle. Mais ils doivent faire des efforts considérables pour lire des mots, en les décomposant lettre-à-lettre, puis en reconnaissant chaque lettre une à une, pour ensuite recomposer le mot. Ce processus est laborieux et coûteux et nécessite un recours important à la mémoire de travail à court terme verbale. (Behrmann et coll., 1998, 2001 ; Cohen et coll., 2004). On nomme ce processus lecture lettre-à-lettre, ou alexie lettre-à-lettre, et ce terme est devenu synonyme d'alexie pure.

Pflugshaupt et coll. (2011) suggèrent que la VWFA serait le lieu de représentations abstraites de chaînes de lettres. Ainsi l'expérience montre que les patients atteints d'alexie pure sont significativement plus gênés que les sujets contrôles lors de la lecture de

« *jumbled words* » : des mots dans lesquels on intervertit les lettres mais en gardant à leur place la première et la dernière. L'alexie pure illustrerait moins selon Pflugshaupt et coll. (2011) des difficultés à reconnaître les lettres qu'à les assembler correctement.

Les études de Behrmann et coll. (1998) ont aussi montré que le déficit n'est pas si « pur » : les difficultés d'identification ne seraient pas réduites aux graphèmes. Ces patients présentent aussi habituellement des difficultés à traiter les chiffres par exemple. Pour Behrmann l'alexie pure serait davantage une conséquence de dommages faits au niveau du système d'analyse visuelle.

Un des symptômes de l'alexie pure est l'effet de la longueur des mots : les patients peuvent lire, laborieusement, et avec une difficulté croissante lorsque les mots sont plus longs. Behrmann et coll. (2001) ont montré que cet effet, disproportionné avec l'ajout de chaque lettre supplémentaire, est aussi croissant au fur et à mesure que la fréquence et l'imageabilité des mots diminue. Les travaux de Sheldon et coll. (2012) suggèrent que cette difficulté croissante, effet de longueur du mot, serait corrélée positivement au degré de perte de l'hémi-champ visuel droit. Une HLH droite est en effet régulièrement associée à une alexie « pure ». Pflugshaupt et coll. (2009) ont aussi montré que l'alexie pure, rare, est souvent accompagnée d'un trouble visuel, souvent une HLH, qui joue bien entendu un rôle dans les difficultés de lecture de ces patients.

Dans la littérature, on décrit cependant beaucoup de patients qui lisent trop rapidement pour employer une stratégie lettre-à-lettre (Leff et coll., 2001). Les performances varient d'un sujet à l'autre, c'est pourquoi on peut décrire l'alexie pure sur un continuum. Plusieurs niveaux de sévérité sont également rapportés par Hécaen (Chomel-Guillaume et coll., 2010). Dans les formes les plus graves d'alexie pure, l'effet de longueur des mots est très important : de plusieurs secondes pour chaque lettre ajoutée (Leff et coll., 2010). L'alexie pure se confond alors avec l'alexie globale. Dans la forme globale le patient ne peut plus reconnaître aucune lettre - on parle aussi alors d'alexie agnosique.

### **Alexies Centrales**

« *La révolution cognitiviste, au cours des vingt dernières années, également fondée sur les dissociations observées lors de perturbations acquises de la lecture, a permis de distinguer les dyslexies profondes (phonologiques) des dyslexies de surface (lexico-sémantiques).* » (Habib, 1996)

Les alexies dites centrales, celles qui touchent le système linguistique, sont très souvent retrouvées chez les sujets aphasiques, aussi, on parle d'alexies aphasiques (Chomel-Guillaume et coll., 2010).

En neuropsychologie cognitive les alexies centrales sont classées selon les erreurs faites en lecture à haute voix de différents types de mots : réguliers, irréguliers, pseudo-mots et des épreuves de décision lexicale écrite. L'analyse des erreurs permet de déterminer les processus altérés.

### **Alexie lexicale**

Décrite par Marshall & Newcombe en 1973, l'alexie lexicale correspond à un déficit de la voie d'adressage direct. Les patients lisent en utilisant la voie de correspondance grapho-phonémique. Le traitement est de type phonologique. Ils peuvent de cette façon lire les mots réguliers (ex. « une », arrive ») et des pseudo-mots (ex. « bugue », « jatoce ») mais font des erreurs de régularisation (ex. « fusil » pourra être lu /fyzile/, banc : /bâk/). Les mots irréguliers peuvent parfois être lus sans erreur si leur fréquence est élevée. Dans l'alexie lexicale, il y a abolition ou difficulté d'accès au lexique orthographique d'entrée. En conséquence, il existe une perte des informations sémantiques car l'accès au sens des mots lus est conditionné par la verbalisation. Les mots homophones (ex. vent, vend, van) peuvent donc particulièrement poser problème. Les lésions habituellement constatées sont temporales (lésions médiales plus ou moins latérales) gauches (Leff, 2004).

### **Alexie phonologique**

Décrite en 1979 par Beauvois & Desrouesné, l'alexie phonologique correspond à un déficit de la voie d'assemblage : le processus altéré est celui de la conversion graphème-phonème. S'ensuit une difficulté pour la lecture de pseudo-mots, de mots nouveaux ou non familiers ou des morphèmes grammaticaux : on observe des absences de réponse, des lexicalisations, une incapacité à produire le phonème correspondant à un graphème cible. La lecture de mots réguliers et irréguliers est relativement préservée avec un effet de classe grammaticale souvent retrouvé : les noms sont mieux lus que les verbes qui eux sont mieux lus que les mots fonctionnels (Chomel-Guillaume et al., 2010). Les lésions habituellement constatées dans l'alexie phonologique sont temporo-pariétales (Leff, 2004) et fronto-temporales gauches (Chomel-Guillaume et coll., 2010).

### **Alexie profonde**

L'alexie profonde présente toutes les caractéristiques de l'alexie phonologique, avec une atteinte partielle de la voie lexicale. Les patients font des paralexies sémantiques (ex. lire « étang » et dire /lac/), des paralexies visuelles (ex. « femme » lu /ferme/). Ils éprouvent des difficultés particulières avec les mots fonctionnels : c'est l'effet de concrétude, d'imagerie mentale : les noms concrets sont mieux lus que les mots abstraits, puis viennent les verbes et adjectifs, mieux lus que les mots fonctionnels (ex. « et », « de »). Ils sont incapables de lire les pseudo-mots. L'hypothèse de l'existence d'une voie lexico-sémantique a été renforcée avec l'étude de patients atteints d'alexie profonde. Les lésions habituellement constatées dans l'alexie profonde sont volumineuses, temporo-pariétales gauches. (Chomel-Guillaume et coll., 2010 ; Leff, 2004 ; Leff et coll., 2010).

### **Alexie asémantique**

Elle est habituellement décrite dans le cadre d'affections neuro-dégénératives. Les patients peuvent lire mais ne comprennent pas ce qu'ils lisent. Ces observations renforcent aussi l'hypothèse d'une voie lexico-sémantique via le système sémantique (Chomel-Guillaume et coll., 2010). Dans cette forme d'alexie la voie sémantique serait altérée, la signification des mots écrits perturbée.

## **Chapitre 4 : DESORDRES OCULOMOTEURS ET ALEXIES**

Les désordres oculomoteurs sont souvent rencontrés dans la pratique clinique. Manifestations de dysfonctionnements du système nerveux central, leur étude nécessite des connaissances en anatomie et en physiologie, à la croisée l’ophtalmologie, de la neurologie et des neurosciences (Wong, 2008). Il est important de noter que l’oculomotricité peut être perturbée par des atteintes du système nerveux central dans des atteintes des substrats qui sous-tendent la motricité elle-même : par exemple une lésion du colliculus supérieur (tronc cérébral) ou du champ oculomoteur frontal (*Frontal Eye Field, FEF*, dans l’aire 8 de Brodmann), qui servent à déclencher des saccades volontaires, sont à l’origine de saccades hypométriques et ralenties (Wong, 2008).

Mais il est aussi difficile d’affirmer que le patron atypique des mouvements oculaires le plus souvent observé chez les sujets manifestant des troubles de la lecture soit la cause plutôt que la conséquence de leurs difficultés de lecture. Les études de Rayner (1998) suggèrent pourtant que, chez la plupart des enfants dyslexiques, les mouvements oculomoteurs sont le reflet du déficit des processus langagiers. Cette remarque est d’autant plus importante en ce qui concerne les alexies centrales, dans lesquelles l’atteinte est linguistique.

Ciuffreda et coll. (2007) ont étudié une population de deux cent vingt patients ayant eu une lésion cérébrale entre 2000 et 2003. Ils ont montré que plus de 86% des patients AVC et 90% des patients avec traumatisme crânien présentent, en moyenne quatre ans après l’accident, des désordres oculomoteurs. Ils concluent à la nécessité d’alerter davantage les cliniciens sur la fréquence plus élevée des troubles oculomoteurs dans ces populations, ainsi que sur les implications croisées en termes de thérapeutiques, de réhabilitation et de qualité de vie.

Les troubles des saccades sont principalement l’hypométrie – une amplitude moyenne des pro-saccades réduite, impliquant un nombre de fixations par conséquent plus important pour un même texte – et le ralentissement. Ces deux phénomènes peuvent entraîner des relectures et/ou des sauts de mots ou de lignes entières. On considère habituellement qu’au-delà de 15% de rétro-saccades la lecture et la compréhension sont entravées et que c’est un marqueur de difficultés significatives en lecture Rayner (1998). Le retour à la ligne est difficile (cas de l’AVC droit avec HLH gauche). Le sujet peut ajouter des mots d’une autre séquence, répéter des parties de mots, changer l’ordre dans la

séquence phonologique. La lecture est ralentie. L'ensemble de ces troubles peuvent en conséquence entraîner des difficultés de compréhension et de mémorisation.

Les troubles de la fixation : de la qualité de la fixation dépendent la qualité de la prise d'informations pour construire la compréhension du texte et affiner la précision des mouvements par anticipation périphérique (vision parafovéale). Si l'empan visuel est réduit, les rétro-saccades et refixations sont nombreuses. Des fixations instables induisent de nombreuses refixations – et donc davantage de rétro-saccades – une durée moyenne des fixations anormalement élevée : la lecture est ralentie, hachée, on note des inversions et une forte tendance à la « devinette » pour la fin des mots. (David-Millot, 2008)

La perte des saccades volontaires, avec préservation réflexe des phases rapides et guidées est quant à elle caractéristique du syndrome d'apraxie oculomotrice acquise (Wong, 2008).

### **Désordres oculomoteurs dans les alexies périphériques**

La figure 2 est issue du travail de Pflugshaupt et coll. (2009). Elle montre les perturbations des comportements oculomoteurs en lecture d'un sujet avec alexie pure (A), avec alexie hémianopsique (B) et d'un sujet sain (C). Les lignes représentent les saccades, les cercles les fixations, le diamètre des cercles est proportionnel à la durée de la fixation.



Figure 2. Comportements oculomoteurs en lecture : alexie pure, hémianopsique ; sujet sain.

Les schémas de mouvements oculaires des patients avec alexie hémianopsique sont anormaux lors de la lecture. Ils font plus de fixations que les sujets sains et celles-ci durent plus longtemps. Les patients avec alexie pure effectuent un nombre encore plus élevé de fixations : beaucoup plus qu'il n'y a de lettres dans un mot, avec de nombreuses refixations, et la durée moyenne des fixations est encore plus élevée (Leff et coll., 2010). Zihl (1995) relève une sévérité des troubles en lecture corrélée à l'étendue de la perte du champ visuel. Nous l'avons vu plus haut (McDonald et coll., 2006) le sujet alexique avec

HLH droite a une stratégie oculomotrice inefficace, qui le fait fixer à gauche du point idéal de fixation les mots de 4 lettres ou plus, avec pour conséquences : une partie réduite du mot analysée par le système linguistique, de « mauvaises » fixations nécessitant une relecture du même mot : davantage de rétro-saccades - et de re-fixations. C'est selon McDonald et coll. ce taux de re-fixations qui est le facteur principal d'augmentation du temps de lecture chez ces patients. Leff et coll., (2000) relèvent quant à eux une perturbation des pro-saccades chez les patients souffrant d'une HLH droite. Schuett et coll. (2008b) par ailleurs observent une augmentation plus marquée, avec la présence d'une HLH droite, du nombre et de la durée des fixations aussi bien que des micro-saccades ; leur empan perceptif ne dépasserait pas les 3 ou 4 caractères, les empêchant de voir le début et la fin des mots simultanément. Leff et coll. (2001 b) ont démontré que « *le déficit du champ visuel cause des anomalies fonctionnelles dans les aires cérébrales au-delà de l'endroit où se trouve la lésion responsable du déficit, comme dans les cortex pariétal et frontal qui sont à l'origine de la production et du maintien des trajectoires de balayage visuel* ». Schuett et coll. (2008), Schuett et coll. (2009) ont affirmé que « *ce trouble pourrait être plus grave et se prolonger à plus long terme en présence de dommage concomitant aux connexions entre le cortex visuel et les aires cérébrales qui sont responsables des mouvements oculaires et de l'attention visuo-spatiale* » (Leff, 2010).

Concernant l'alexie pure, Behrmann et coll. (2001) ont étudié l'oculomotricité de deux patients atteints d'alexie lettre-à-lettre (après lésion occipitale gauche) en regard des performances de sujets sains et de patients avec HLH. Dans la tâche de recherche visuelle de lettres – qui, comparée à une tâche de lecture, permet de mettre en évidence le caractère déviant du profil oculomoteur des patients avec trouble de la lecture – les patients atteints d'alexie lettre-à-lettre montraient un comportement oculomoteur similaire à celui des sujets des deux autres groupes. Ces mêmes patients montraient dans la tâche de lecture des mouvements oculomoteurs significativement différents : une augmentation disproportionnée : du nombre et de la durée des fixations et du nombre de saccades régressives. Selon Behrmann et coll. le comportement oculomoteur altéré en lecture des patients atteints d'alexie lettre-à-lettre reflèterait – par sa proximité avec de celui de lecteurs normaux dans des conditions difficiles de lecture, de lecteurs débutants, ou encore de lecteurs avec dyslexie développementale – les difficultés à traiter le stimulus visuel. Enfin, l'influence de la fréquence et de l'imageabilité des mots sur l'effet de longueur des mots (qui est typique dans les alexies pures) déterminerait pour partie le comportement oculomoteur. Elle serait par ailleurs consistante avec un modèle cognitif de lecture à

activation interactive dans lequel un stimulus orthographique à faible pouvoir d'activation peut néanmoins activer des représentations lexicales complexes.

### **Désordres oculomoteurs dans les alexies centrales**

Peu d'études traitent des particularités oculomotrices observées dans les alexies centrales. Klingelhöfer et coll. (1984) ont étudié l'oculomotricité en lecture de 21 patients aphasiques – ainsi classés : aphasie anomique, de Wernicke ou de Broca – au regard des performances de 40 sujets contrôle. Les patients avec une aphasie sensorielle type Wernicke (lésions dans le siège de l'image auditive des mots, dans le cortex temporal moyen) avaient de grandes difficultés à venir à bout du texte, une tendance à faire des saccades plus courtes, donc plus nombreuses pour un même texte, et perturbées, allant parfois jusqu'à une désintégration complète de la structure de la saccade. En revanche les mouvements saccadiques des patients avec une aphasie motrice type Broca (lésions dans le siège de l'image motrice des mots, dans le cortex frontal inférieur) semblaient mieux préservés mais montraient des durées de fixation et un nombre de rétro-saccades plus importants. Enfin, les patients avec une aphasie anomique, présentaient des altérations similaires aux lecteurs « non experts » : un nombre de fixations, de rétro-saccades et un temps de lecture, augmentés. Les patients aphasiques présentent donc des perturbations oculomotrices en lecture en regard des performances des lecteurs sains. (Urban, 2013).

L'étude plus récente, du profil oculomoteur chez des patients aphasiques, de Schattka et coll. (2010) a tâché de déterminer si un profil oculomoteur particulier se dégageait selon le type d'alexie centrale. Six patients aphasiques ont été testés en regard des performances de onze sujets contrôle sains. Les résultats montrent que les 3 patients avec alexie lexicale (lecture par la voie sub-lexicale) adoptent une première fixation déviant de la position optimale de lecture du mot : elles étaient localisées principalement en tout début de mot. Ceci n'est pas retrouvé chez les 3 patients avec alexie phonologique ou profonde (lisant eux avec la voie lexicale) : ils montrent un comportement oculomoteur respectant cette position idéale en lecture, et qui est légèrement à gauche du centre du mot. Il n'a pas été montré d'effet de longueur du mot sur le nombre de fixations, chez aucune des deux populations de patients, et contrairement à ce qui était attendu pour la population avec alexie phonologique. Un effet de fréquence a en revanche été trouvé dans l'alexie lexicale avec un nombre et une durée des fixations plus importants pour les mots non fréquents. Les deux populations de patients avec alexie centrale ont montré une augmentation du temps de relecture (refixations, augmentation du nombre de rétro-saccades) et donc une augmentation du temps total de lecture significative en comparaison des sujets contrôle.

## II – PARTIE EXPÉRIMENTALE

---

### **CHAPITRE 1 : PROBLÉMATIQUE, OBJECTIFS, HYPOTHÈSES**

#### Problématique

La lecture est un acte impliquant des traitements cognitifs et moteurs. La recherche s'est beaucoup attachée à en explorer les aspects cognitifs, psycholinguistiques notamment ; et moins ses aspects moteurs. De nouveaux outils d'eye-tracking permettent l'analyse poussée de l'oculomotricité. Basée sur les progrès récents en théorie et en techniques de mesures, l'analyse des mouvements des yeux est devenue un outil méthodologique majeur en recherche expérimentale (Schattka, 2010). Dans quelle mesure ces outils constituent-ils aujourd'hui de nouvelles possibilités d'exploration fonctionnelle ?

L'intégrité de fonctionnement de l'oculomotricité conditionne une lecture experte. A la suite de lésions vasculaires des perturbations des mouvements oculomoteurs peuvent interférer sur la lecture comme le rapportent de nombreux auteurs (Zihl, 1995 ; McDonald, 2006, Schattka, 2010 ; Leff, 2010, Pflugshaupt, 2011, Schuett, 2012).

#### Objectifs

L'objectif principal de l'étude est d'approfondir les connaissances sur les profils oculomoteurs en lecture, les désordres oculomoteurs et les alexies par AVC, et permettre une remédiation plus adaptée en déterminant s'il existe ou non des particularités oculomotrices chez les patients AVC et plus particulièrement chez les patients présentant des troubles acquis de la lecture. Préalablement et en parallèle à ce travail nous avons poursuivi la constitution d'une base de données normative préexistante au CHR d'Orléans. Nous avons étudié à l'aide d'un eye-tracker binoculaire les stratégies visuelles mises en place au cours de la lecture, chez une population de sujets contrôle et chez une population de patients vasculaires en phase aiguë d'AVC. Nous avons ainsi pu étudier, en regard de valeurs normées, les stratégies et comportements oculomoteurs chez des patients présentant différents types de troubles acquis de la lecture.

#### Hypothèses

En accord avec les données récentes de la littérature, nous avons retenu les hypothèses suivantes :

**H1** : Les patients alexiques montreraient des troubles oculomoteurs en lecture par rapport au groupe contrôle et les troubles oculomoteurs seraient différents selon le type d'alexie. En effet, nous nous attendons à ce que le temps de lecture, le nombre de pro-saccades, le nombre de rétro-saccades, la proportion de rétro-saccades, ainsi que la durée moyenne des fixations soient augmentés chez les patients comparés au groupe contrôle. En revanche nous nous attendons à ce que l'amplitude des pro-saccades et des rétro-saccades diminue. De plus, nous prévoyons que les troubles oculomoteurs soient moins marqués chez les patients AVC ne présentant pas d'alexie.

**H2** : Des variables extérieures à l'alexie et à la lecture pourraient expliquer les troubles oculomoteurs. L'âge, le sexe, le niveau socio-culturel pourraient influencer les paramètres oculomoteurs étudiés.

**H3** : Un effet de la tâche (test de lecture versus test de recherche visuelle) serait plus marqué chez les sujets contrôles que chez les alexiques. Effectivement, nous nous attendons à ce que les stratégies oculomotrices mises en place lors de la lecture soient peu différentes de celles mises en œuvre lors d'une épreuve de recherche visuelle chez les patients alexiques, alors que cela ne devrait pas être le cas pour le groupe contrôle. Hutzler et coll. (2006) ont montré qu'il n'existe pas de différence significative dans les profils de comportement oculomoteur de sujets contrôle et de sujets dyslexiques, dans une tâche de recherche visuelle de lettres ; alors que cette différence est très significative dans une tâche de lecture. L'analyse des profils oculomoteurs dans ces deux tâches permet de caractériser les troubles oculomoteurs des patients en lecture.

Pour ce faire nous avons étudié un groupe de 82 sujets contrôle adultes et de 13 patients adultes en phase aigüe d'AVC. Nous proposerons les développements suivants :

- 1) une normalisation des performances en lecture et de six paramètres oculomoteurs en lecture et en tâche de recherche visuelle ; ainsi que les facteurs de variation et leurs effets.
- 2) une validation en comparant les données normatives établies avec les données de la population de patients alexiques.

## CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE

### I - Population

Les données descriptives des populations contrôle et pathologique sont l'âge, le genre et le niveau socio-culturel.

Âge - Les deux populations sont décrites en fonction de l'âge des sujets.

Sexe - Les deux populations sont également décrites en fonction du genre des sujets.

Niveau socio-culturel NSC - Les deux populations sont réparties en fonction du niveau socioculturel. Leur attribution s'appuie sur deux critères : le niveau du diplôme le plus élevé obtenu par le sujet et le niveau du dernier emploi occupé ou du principal emploi d'une carrière, défini à partir du code ROME (Répertoire opérationnel des métiers et des emplois) utilisé par Pôle Emploi et du code de qualification assimilé. Trois niveaux sont ainsi déterminés : niveau 1 : ouvriers qualifiés et non qualifiés, absence de diplôme, certificat d'études primaires, Brevet des collèges, CAP, BEP ; niveau 2 : employés, techniciens, professions intermédiaires, Baccalauréat professionnel ou général, jusqu'à Bac+2 ; niveau 3 : ingénieurs, cadres, Bac+3 et plus. Ce classement permet donc d'obtenir une représentation plus précise du niveau socio-culturel et également de tenir compte des éventuelles dissociations entre le niveau de diplôme et le niveau professionnel qui sont fréquentes en particulier chez les sujets de plus de 50 ans.

#### I - a - Population contrôle

82 sujets composent la population contrôle. L'âge moyen des sujets est de 42,41 ans (écart-type 17,65), allant de 17 à 80 ans. Le tableau 1 présente la synthèse des données NSC et genre de la population contrôle.

|       |       | Niveau Socio Culturel |                   |                   | Total             |
|-------|-------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|       |       | 1                     | 2                 | 3                 |                   |
| Genre | Homme | 2                     | 6                 | 18                | <b>26</b> (31,7%) |
|       | Femme | 10                    | 15                | 31                | <b>56</b> (68,3%) |
|       | Total | <b>12</b> (14,6%)     | <b>21</b> (25,6%) | <b>49</b> (59,8%) | <b>82</b> (100%)  |

Tableau 1. Synthèse des données NSC et genre de la population contrôle.

Le présent travail a évalué 24 sujets contrôle, 58 viennent d'une base de données préexistante à l'hôpital d'Orléans, constituée en 2013. Les passations du protocole expérimental pour les nouveaux sujets contrôle ont été réalisées entre octobre 2013 et mars 2014, respectant les mêmes conditions et utilisant le même matériel d'évaluation de la lecture et des paramètres oculomoteurs.

Critères d'inclusion & exclusion. Les sujets contrôle pouvaient participer à l'étude à condition de ne pas présenter l'un ou plusieurs des critères d'exclusion susceptibles d'influer sur leur fonctionnement cognitif : antécédents neurologiques connus (AVC, traumatisme crânien, maladie neurologique, démence); antécédents psychiatriques; antécédents de troubles d'apprentissage, de dyslexie ou d'illettrisme; troubles sensoriels non corrigés gênant ou interférant avec les épreuves du protocole : vision.

### **I - b - Population pathologique de patients AVC**

13 sujets en phase aigüe d'AVC ont été intégrés à l'étude. Ils ont été recrutés au sein de l'Unité Neuro Vasculaire (UNV) du Centre Hospitalier Régional d'Orléans entre décembre 2013 et avril 2014.

L'âge moyen de la population de patients AVC est de 61,92 ans (écart-type 13,35), allant de 41 à 82 ans. L'ANNEXE 1 présente graphiquement les distributions de l'âge chez les sujets contrôle et chez les patients AVC. Le tableau 2 présente les données NSC et genre de la population de patients AVC.

|              |              | Niveau Socio Culturel |                  |                  | Total             |
|--------------|--------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|
|              |              | 1                     | 2                | 3                |                   |
| <b>Genre</b> | <b>Homme</b> | 5                     | 3                | 3                | <b>11</b> (84,6%) |
|              | <b>Femme</b> | 1                     | 1                | 0                | <b>2</b> (15,4%)  |
|              | <b>Total</b> | <b>6</b> (46,2%)      | <b>4</b> (30,7%) | <b>3</b> (23,1%) | <b>13</b> (100%)  |

Tableau 2. Synthèse des données NSC et genre de la population de patients AVC.

Le score NIHSS des 13 patients est en moyenne de 5,45 (écart type 4,57), allant de 0 à 15, au moment du passage des épreuves de lecture et d'oculomotricité. Elles ont en moyenne été effectuées 6,1 jours après leur AVC (écart type 3,7), allant de 2 à 13 jours.

### Critères d'inclusion & exclusion des patients

Nous avons intégré à l'étude des patients présentant ou non des signes d'aphasie, et présentant ou non une hémianopsie latérale homonyme. Les patients pouvaient donc être classés en quatre groupes : - sans trouble phasique ni HLH, - sans trouble phasique mais avec une HLH, - présentant des troubles phasiques mais pas d'HLH, - présentant des troubles phasiques et une HLH.

- Pour déterminer si un patient était aphasique nous avons utilisé le test rapide de langage LAST, (Flamand-Roze et coll., 2011). Il s'agit d'un test d'expression et de compréhension orales, validé, administrable au chevet du patient dès la phase aigüe de l'AVC, rapide, fiable (sensibilité 98%, spécificité 100%), reproductible, pour déterminer rapidement et précocement la présence ou non de troubles du langage et leur sévérité (score de 0 à 15 pour un sujet non aphasique).

- L'existence d'une HLH a été déterminée cliniquement – évaluation non instrumentale – par les médecins de l'Unité Neuro Vasculaire à l'entrée du patient dans le service.

Les sujets participant à l'étude devaient : avoir une lecture à haute voix relativement fonctionnelle (être suffisamment intelligibles pour les tests de lecture), être mobilisables vers la salle d'examen d'eye-tracking. De fait ces contraintes ont exclu un certain nombre de patients : ceux qui n'étaient pas suffisamment mobilisables (hémiplegie importante empêchant la tenue sécurisée au fauteuil, présence d'oxygène en continu ou d'une sonde naso-gastrique), ceux présentant une aphasie non-fluente dont l'importance ne leur permettait pas de s'exprimer suffisamment pour les épreuves de lecture à haute voix, ceux présentant un trouble de la compréhension trop important pour réaliser le protocole.

### Catégorisation de l'alexie centrale des patients avec aphasie :

Nous nous sommes basés sur la terminologie classique de définition des alexies centrales. Nous avons utilisé les cinq subtests du module « lecture » de la batterie informatisée Phonolec (Plaza et coll., 2008). Notre synthèse du profil classique des alexies centrales est présentée en ANNEXE 2 avec la description détaillée de l'analyse des variables de Phonolec pour catégoriser les alexies centrales.

## Catégorisation de l'alexie périphérique des patients avec HLH :

Les patients présentant une hémianopsie latérale homonyme ET présentant des scores ou des temps pathologiques à l'un au moins des subtests de Phonolec ont été classés comme patients avec alexie hémianopsique droite ou gauche.

## **II – Passations, recueil des données, matériel**

Le tableau 3 synthétise les passations des sujets contrôle et celles des patients.

|                                  | Sujets contrôle | Patients | Paramètres extraits       |
|----------------------------------|-----------------|----------|---------------------------|
| NIHSS                            |                 | X        | un score sur 42           |
| LAST                             |                 | X        | un score sur 15           |
| Recherche de trouble neurovisuel |                 | X        | présence d'une HLH        |
| PHONOLEC                         | X               | X        | 10 variables              |
| EYE-TRACK : lecture              | X               | X        | 6 paramètres oculomoteurs |
| EYE-TRACK : recherche            | X               | X        | 6 paramètres oculomoteurs |

Tableau 3. Synthèse des passations et des paramètres extraits

Les passations des sujets contrôle et des patients sont faites dans le service de neurologie du CHR d'Orléans, dans une salle dédiée où est installé le dispositif d'eye-tracking. L'endroit est calme et privilégie une relation duelle. Les épreuves d'évaluation de la lecture et d'eye-tracking y sont réalisées. Les données démographiques : nom, prénom, sexe, date de naissance, âge, nombre d'années d'étude, profession, sont renseignées.

L'évaluation de la lecture (Phonolec, Plaza et coll., 2008) est la première étape. La consigne donnée aux participants est la même pour chaque subtest : lire à haute voix et le plus vite possible les items présentés sur l'écran d'ordinateur. La passation dure 10 à 15 minutes. Pour coter l'épreuve il suffit de cliquer sur la souris à chaque fois que le participant fait une erreur de déchiffrement, les autocorrections étant considérées comme des réussites. Les 10 paramètres retenus sont le temps de lecture correspondant au temps écoulé entre l'apparition des items et la fin de l'épreuve ainsi que le nombre de bonnes réponses pour les logatomes courts et longs, les mots réguliers courts et longs et les mots irréguliers.

Les deux tests oculomoteurs sont ensuite effectués. Les mouvements des yeux et la position de la tête sont mesurés avec un eye-tracker e(ye)BRAIN T2. Après avoir

positionné le casque, la position des yeux du sujet doit être calibrée à l'aide de 12 points lumineux sur l'écran de test. Les points sont présentés un à un et le sujet doit les fixer, ce qui est enregistré par le dispositif. La calibration est validée pour chaque point par l'examineur en terme de stabilité et de précision de mesure. Une fois la calibration validée, le test de lecture débute. Il est alors demandé au sujet de lire un texte de 4 lignes présenté sur l'écran d'ordinateur positionné à 60cm de lui. Les participants doivent le lire silencieusement. Puis dans l'épreuve de recherche visuelle les sujets doivent compter silencieusement le nombre de « r » présents dans le texte. La passation des deux tests dure 10 à 15 minutes, calibration incluse. Le temps total d'examen est d'environ 20 minutes pour les sujets contrôle, 30 pour les patients.

### **PHONOLEC**

La lecture des deux populations a été évaluée en termes de vitesse et de précision à partir des trois subtests du module lecture de la batterie d'évaluation du langage écrit PHONOLEC (Plaza et coll., 2008). Il s'agit d'un bilan de lecture informatisé qui permet de mesurer et de rendre compte des temps de réponse de chaque tâche proposée. La lecture de pseudo-mots met en jeu la voie sub-lexicale donc la mise en correspondance graphème/phonème. Ce subtest est constitué de deux listes de pseudo-mots, 20 logatomes bi-syllabiques simples et 20 pseudo-mots trisyllabiques plus complexes. Le subtest « lecture de mots réguliers » est composé de 60 mots réguliers présentés en deux écrans successifs de trois colonnes de dix items que le participant doit déchiffrer par colonne. Le subtest « lecture de mots irréguliers » est composé de 20 mots irréguliers présentés à l'écran en deux colonnes de dix items que le sujet doit déchiffrer par colonne. Elle met en jeu la voie lexicale. Les listes de mots de ces 3 subtests se trouvent en ANNEXE 3.

### **e(ye) BRAIN T2**

L'eye-tracking – ou vidéo-oculographie – est une des techniques d'enregistrement des paramètres oculomoteurs. Elle est non-invasive. C'est celle que nous avons utilisé dans cette étude. Avec cette technique une lumière infrarouge illumine l'œil et amplifie la brillance de la pupille ce qui facilite son repérage par des caméras. Après traitement informatique de l'image vidéo, le système est capable de repérer directement le centre de la pupille et chaque mouvement des yeux pour lequel l'ordinateur calcule alors la position du regard en mettant en correspondance la position calculée du centre de la pupille et l'image vidéo enregistrée. La précision du système est de 0.5°, une saccade de deux degrés (typique en lecture) correspond à 8 caractères.

e(ye) BRAIN est une société française qui développe des solutions d'eye tracking à visée d'aide diagnostique depuis 2008. Ses concurrents sur le marché de l'eye-tracking sont en France MetroVision (59), IDMED à Marseille, l'allemand SensoMotoric Instruments à Munich, l'américain ISCAN Inc., le canadien SR Eyelink II... L'e(ye)BRAIN T2 est un dispositif médical léger, ergonomique, permettant l'enregistrement vidéo binoculaire du mouvement des yeux en réponse à des stimuli visuels déterminés, muni de caméras d'acquisition à 300Hz. L'enregistrement des mouvements des yeux a donc lieu environ toutes les 3,3 ms, ce qui fait de ce matériel l'un des plus pointus dans son domaine. La position de la tête est enregistrée avec une autre caméra de manière à compenser en direct les petits mouvements de la tête du sujet pendant les épreuves. Le casque d'eye-tracking est relié par câble à une station de travail, elle-même reliée à deux écrans. Le premier se trouve à 60 cm en face du patient pour lui permettre de bien visualiser les stimuli. Le second est utilisé par le praticien pour contrôler le bon déroulement de l'examen. Les stimuli sont présentés grâce au logiciel de stimulation meyeParadigm fourni par la société e(ye)BRAIN. Les deux tests oculomoteurs – développés et programmés par e(ye)BRAIN – proposés aux participants de l'étude sont : un test de lecture et un test de recherche visuelle. Le test de lecture s'appuie sur un texte de 4 lignes extrait de « La guerre des boutons » de Louis Pergaud. Il comprend 42 mots et contient 185 caractères. Le texte utilisé lors de l'épreuve de recherche visuelle est le même à la différence que les voyelles ont toutes été remplacées par des consonnes. Le sujet doit compter les « r ».

Les réponses oculomotrices recueillies à la suite des tests sont analysées via le logiciel dédié meyeAnalysis. Les résultats des épreuves sont enregistrés dans un répertoire avec le numéro du participant. L'analyse du fichier – partiellement automatisée – commence par la détection puis le placement correct des labels de début et de fin d'une tâche (lecture, recherche). L'analyse se poursuit par la détection automatique des retours à la ligne. La liste de signaux horizontaux de chaque œil est sélectionnée. L'analyse du signal débute par la sélection et la suppression d'artefacts susceptibles de nuire à la détection des saccades (clignements des yeux). Les saccades sont alors détectées automatiquement. A la fin de cette analyse un compte rendu de données est généré. Il établit un bilan objectif présentant les caractéristiques oculomotrices du patient dans chacune des 2 tâches : temps de réalisation, nombre et amplitude des pro-saccades et des rétro-saccades, durée moyenne des fixations. Les ANNEXES 4 et 5 présentent le dispositif e(ye)BRAIN et les textes utilisés pour l'étude des paramètres oculomoteurs en lecture et en recherche visuelle.

### **III - Statistiques**

L'ensemble des statistiques a été réalisé avec le logiciel SPSS 17 d'IBM.

- Données en lecture (Phonolec): nous avons effectué pour la normalisation des distributions en histogramme, avons calculé des moyennes et des écart-types. Nous avons choisi comme seuils les percentiles 10 et 90. Pour les comparaisons sujets contrôle/patients, nous avons réalisé des tests non paramétriques U de Mann & Whitney.
- Données d'oculomotricité (e(ye)BRAIN): pour la normalisation des six paramètres oculomoteurs dans chacune des 2 tâches, nous avons effectué des distributions en histogramme et calculé des moyennes et des écart-types. Nous avons choisi comme seuils les percentiles 10 et 90. Nous avons effectué un test « t » de Student pour échantillons appariés afin de comparer les résultats pour les deux tâches chez les sujets contrôle. Nous avons calculé les effets des facteurs de variation de la population contrôle avec des tests paramétriques : l'effet du genre avec un test « t » de Student, l'effet de l'âge avec des corrélations de Bravais Pearson, l'effet des niveaux socio-culturels avec des mesures ANOVA répétées (nous avons appliqué une correction de Bonferroni et retenu un seuil de  $p < .004$ , correspondant à un seuil de significativité de  $p < .05$  car nous avons comparé plusieurs fois les mêmes 12 POM). Pour les comparaisons sujets contrôle/patients, nous avons effectué des distributions en histogramme et réalisé des tests non paramétriques U de Mann & Whitney. Nous avons comparé les variables oculomotrices d'un même groupe de patients dans les deux tâches avec des tests non paramétriques de Wilcoxon pour groupes appariés. Enfin nous avons comparé les variables oculomotrices de différents groupes de patients avec des tests non paramétriques U de Mann & Whitney pour groupes indépendants.

Nous retenons les seuils de significativité suivants : si  $p < .05$  : significatif, si  $p < .01$  : forte significativité, si  $p < .001$  : très forte significativité.

## **CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET ANALYSE**

### **I - Normalisation : population contrôle**

La passation de l'épreuve de lecture et des deux épreuves d'eye-tracking auprès d'un échantillon de population contrôle avait pour objectif la réalisation de normes adultes pour les variables de lecture et pour les paramètres oculomoteurs en lecture et en recherche visuelle. Nous avons ensuite pu nous y référer pour comparer les données des patients AVC et alexiques.

#### **I - a - Données en lecture (Phonolec)**

La distribution en histogrammes des performances des sujets témoins aux épreuves de lecture est disponible en ANNEXE 6. Le tableau 4 présente les moyennes, écart-types et seuils établis.

| <b>PHONOLEC<br/>10 variables extraites. (* percentile 90 ; ** percentile 10)</b> | Population contrôle (N=80)<br>Moyenne (écart type) | Seuils  |
|--|--|---------|
| Temps de lecture pseudo-mots courts (secondes, s.)                               | 16,54 (3,92)                                       | 22,38 * |
| Nombre de bonnes réponses pseudo-mots courts (20 items)                          | 19,10 (1,10)                                       | 18 **   |
| Temps de lecture pseudo-mots longs (s.)  | 28,38 (6,29)                                       | 36,39 * |
| Nombre de bonnes réponses pseudo-mots longs (20 items)                           | 17,90 (1,87)                                       | 15,1 ** |
| Temps de lecture mots réguliers courts (s.)                                      | 13,34 (2,54)                                       | 15,97 * |
| Nombre de bonnes réponses mots réguliers courts (30 items)                       | 29,94 (0,24)                                       | 30 **   |
| Temps de lecture mots réguliers longs (s.)                                       | 17,55 (3,23)                                       | 21,66 * |
| Nombre de bonnes réponses mots réguliers longs (30 items)                        | 29,86 (0,41)                                       | 29 **   |
| Temps de lecture mots irréguliers (s.)   | 10,53 (1,92)                                       | 13,16 * |
| Nombre de bonnes réponses mots irréguliers (20 items)                            | 19,81 (0,42)                                       | 19 **   |

Tableau 4. Données en lecture de mots (Phonolec) : population contrôle (N=80)

Les données normatives établies en lecture nous serviront à confirmer le déficit des patients, en addition des données publiées par Phonolec auxquelles nous nous sommes référés pour qualifier leur alexie.

#### **I - b - Paramètres oculomoteurs (e(ve)BRAIN)**

Le tableau 5 présente les données normatives (moyenne, écart-type, percentiles) établies à partir de l'eye-tracker. Elles ont été calculées à partir des valeurs recueillies auprès des 82 sujets contrôle en lecture et en recherche pour les six paramètres oculomoteurs étudiés. L'ANNEXE 7 présente ces résultats en histogrammes.

| <b>e(ye)BRAIN</b><br>6 POM, 2 tâches<br>Seuils : percentile 90,<br>** percentile 10. | LECTURE<br>Moyenne<br>(Ecart type) | SEUIL  | RECHERCHE<br>Moyenne<br>(Ecart type) | SEUIL  | Valeur<br>du t<br>(Student) |
|--|------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------|-----------------------------|
| Temps de réalisation<br>(secondes)   | 8,88<br>(2,39)                     | 12,88  | 22,42<br>(5,36)                      | 28,99  | <.001                       |
| Nombre de Pro-saccades   | 25,15<br>(6,32)                    | 33     | 38,81<br>(9,33)                      | 50,00  | <.001                       |
| Amplitude moyenne des<br>Pro-saccades (degrés)                                       | 4,47<br>(1,08)                     | 3,17** | 3,07<br>(0,68)                       | 2,22** | <.001                       |
| Nb de Rétro-saccades   | 4,07<br>(3,44)                     | 3,44   | 8,5<br>(5,06)                        | 15,00  | <.001                       |
| Amplitude moyenne des<br>Rétro-saccades (degrés)                                     | 3,51<br>(3,07)                     | 7,00   | 2,97<br>(1,27)                       | 3,96   | <u>=.112</u>                |
| Durée moy. des fixations<br>(millisecondes)  | 237,93<br>(51,07)                  | 306    | 401,74<br>(88,71)                    | 523,70 | <.001                       |

Tableau 5. Données normatives de l'oculomotricité chez les sujets contrôle (N=82).

Nous avons considéré comme pathologique le comportement oculomoteur des sujets lorsque les valeurs sont au-delà du quatre-vingt-dixième percentile, à l'exception de l'amplitude moyenne des pro-saccades : pour ce paramètre nous avons considéré comme pathologiques les valeurs situées en dessous du dixième percentile, autrement dit ici des pro-saccades d'une amplitude inférieure à 3,17 degrés en lecture.

La dernière colonne du tableau 5 montre qu'il existe des différences de très forte significativité ( $p < .001$ ) pour l'ensemble des paramètres oculomoteurs étudiés – en situation de lecture versus en situation de recherche visuelle – donc un effet de la tâche très important pour la population contrôle, à l'exception de l'amplitude moyenne des rétro-saccades ( $p = .112$ ).

Nous avons aussi étudié la proportion moyenne de rétro-saccades faites par le groupe contrôle en lecture. On considère habituellement qu'au-delà de 15% de rétro-saccades la lecture et la compréhension sont entravées et que c'est un marqueur de difficultés significatives en lecture (Rayner, 1998 ; Blythe et coll., 2009). Les résultats montrent que les sujets contrôle font en moyenne 13% de rétro-saccades (écart-type 9,6 points).

L'ensemble des données montre que la situation de recherche conduit à un comportement oculomoteur plus lent en recherche visuelle qu'en lecture, avec un nombre et une

amplitude moyenne des saccades progressives et régressives plus élevés, ainsi que des durées moyennes de fixation plus importantes.

### **Facteurs de variation des POM**

Nous avons cherché à savoir si les caractéristiques des sujets contrôle (l'âge, le genre, le NSC) pouvaient avoir un effet sur les paramètres oculomoteurs.

- L'effet du genre : il n'a pas été mis en évidence un effet du sexe,
- L'effet de l'âge : il n'y a pas de corrélation significative entre l'âge et les paramètres oculomoteurs étudiés, excepté pour : le nombre de rétro-saccades en lecture : il y a une augmentation du nombre de rétro-saccades en lecture avec l'âge (coefficient positif) mais avec une grande dispersion. La corrélation est modérée ( $R=.427$ ) même si elle est statistiquement de très forte significativité ( $p<.001$ ) (résultat présenté en ANNEXE 8) ; et pour l'amplitude moyenne des pro-saccades en recherche visuelle ( $R=.412$  ;  $p<.001$ ).
- L'effet du niveau socio-culturel : il n'a pas été mis en évidence un effet du NSC.

Globalement on ne retrouve pas d'effet du genre ni du NSC ; on retrouve un effet de l'âge sur deux seulement des douze paramètres oculomoteurs étudiés.

### **II - Validation : population AVC**

La passation des épreuves de lecture et des deux épreuves d'eye-tracking auprès de la population AVC avait pour objectifs de confirmer le type d'alexie centrale des patients avec trouble phasique, et de rechercher les différences significatives de comportement oculomoteur chez ces patients, en fonction de leur type d'alexie.

#### **Caractéristiques des 13 patients ayant participé à l'étude**

L'ANNEXE 9 présente la synthèse des caractéristiques cliniques et des troubles de la lecture des treize patients. Nous les avons caractérisé ainsi :

- quatre patients ne présentaient pas de trouble phasique (ou léger : score LAST à 14 ou 15), ne présentaient pas de trouble neurovisuel, et ne présentaient pas de trouble de la lecture significatif au vu des normes établies par Phonolec. Trois avaient fait un AVC gauche, et un, un AVC droit. Ce sont les patients « vasculaires non alexiques » (VNA).
- cinq patients – cinq AVC gauches – ne présentaient pas de trouble neurovisuel mais des troubles phasiques légers à modérés : un score d'aphasie à l'évaluation LAST

inférieur à 15 (allant de 12 à 14), ainsi que des troubles significatifs (temps et/ou scores) de la lecture mixtes : pseudo-mots et mots réguliers ou irréguliers aux épreuves de Phonolec. Ce sont les patients avec alexie centrale profonde. Aucun patient ne présentait d'alexie centrale purement phonologique ou lexicale.

- 4 patients ne présentaient pas de trouble phasique détecté par LAST (score d'aphasie à l'évaluation LAST = 15) mais présentaient une HLH, ainsi que des troubles significatifs (temps et/ou scores) en lecture (pseudo-mots ou mots réguliers ou mots irréguliers) aux épreuves de Phonolec. Deux présentaient une HLH droite – AVC gauche – et deux présentaient une HLH gauche – AVC droit – Ce sont les patients avec alexie périphérique hémianopsique.
- aucun patient ne présentait de trouble phasique détecté par LAST et une HLH.
- le groupe de patients comprend donc 4 patients VNA et 9 patients alexiques.

## **II - a - Données en lecture (Phonolec)**

Le tableau 6 présente une comparaison des données en lecture entre le groupe des sujets contrôle et les 9 patients alexiques, ceci afin de confirmer le déficit des patients alexiques.

| <b>PHONOLEC</b><br>* percentile 90 ; ** percentile 10         | Population contrôle<br>(N=80) | Seuils  | Patients alexiques<br>(N=9) | Significativité<br>test U de<br>Mann &<br>Whitney |
|---|-------------------------------|---------|-----------------------------|---|
|   | Moyenne<br>(écart type)       |         | Moyenne<br>(écart type)     |   |
| Temps de lecture logatomes courts<br>(secondes, s.)           | 16,54 (3,92)                  | 22,38 * | 39,39 (16,20)               | p< .001   |
| Nombre de bonnes réponses<br>logatomes courts (20 items)      | 19,10 (1,10)                  | 18 **   | 15,22 (3,93)                | p< .001   |
| Temps de lecture logatomes longs<br>(s.)                      | 28,38 (6,29)                  | 36,39 * | 72,14 (29,25)               | p< .001   |
| Nombre de bonnes réponses<br>logatomes longs (20 items)       | 17,90 (1,87)                  | 15,1 ** | 12,78 (,50)                 | p< .001   |
| Temps de lecture mots réguliers<br>courts (s.)                | 13,34 (2,54)                  | 15,97 * | 31,92 (22,46)               | p< .001   |
| Nombre de bonnes réponses mots<br>réguliers courts (30 items) | 29,94 (0,24)                  | 30 **   | 29,56 (0,53)                | p< .001   |
| Temps de lecture mots réguliers<br>longs (s.)                 | 17,55 (3,23)                  | 21,66 * | 47,22 (23,58)               | p< .001   |
| Nombre de bonnes réponses mots<br>réguliers longs (30 items)  | 29,86 (0,41)                  | 29 **   | 27,78 (2,05)                | p< .001   |
| Temps de lecture mots irréguliers (s.)                        | 10,53 (1,92)                  | 13,16 * | 26,26 (16,64)               | p< .001   |
| Nombre de bonnes réponses mots<br>irréguliers (20 items)      | 19,81 (0,42)                  | 19 **   | 18,89 (1,69)                | p= .032   |

Tableau 6. Données comparatives en lecture de mots (Phonolec) : population contrôle et patients

Les résultats correspondent aux normes publiées par Phonolec : ils confirment les déficits des patients alexiques de l'étude. Les résultats indiquent une différence de très forte significativité ( $p < .001$ ) entre les valeurs des sujets contrôle et celles des patients, pour toutes les variables en lecture. La différence est « simplement » significative pour le nombre de bonnes réponses aux mots irréguliers ( $p < .05$ ). Une représentation graphique de ces résultats se trouve en ANNEXE 6.

## **II - b - Paramètres oculomoteurs (e(ve)BRAIN)**

L'ANNEXE 10 présente une synthèse des différences significatives de données oculomotrices retrouvées chez les différents sous-groupes de patients, en regard des normes établies.

### **1) Comportement oculomoteur des 13 patients AVC**

La comparaison des données de ce groupe avec les normes établies montre des différences de forte et de très forte significativité pour :

- la durée en lecture ( $p < .001$ ) et en recherche visuelle ( $p < .001$ ),
- le nombre de rétro-saccades en lecture ( $p < .001$ ) et en recherche visuelle ( $p < .01$ ).

La proportion moyenne de rétro-saccades faites par le groupe des 13 patients ayant fait un AVC (alexiques et vasculaires non alexiques) est de 25% (écart-type 12,7 points). La différence entre le groupe contrôle (13% en moyenne de rétro-saccades, écart-type de 9,6 points) et le groupe des 13 patients AVC est de forte significativité (au seuil  $p = .001$ ). L'ANNEXE 11 présente graphiquement ces résultats.

Les tests montrent un effet de la pathologie « AVC » sur le comportement oculomoteur : un temps de réalisation ainsi qu'un nombre et une proportion de rétro-saccades augmentés.

### **2) Comportement oculomoteur des 4 patients Vasculaires Non Alexiques**

La comparaison des données de ce groupe avec les normes établies montre des différences significatives et de forte significativité pour les durées : en lecture ( $p < .01$ ), et en recherche visuelle ( $p < .05$ ).

Ces résultats montrent une lenteur caractéristique des patients AVC ; ils n'ont pas pour autant de trouble de la lecture au sens des normes définies avec les subtests de Phonolec.

### **3) Comportement oculomoteur des 9 patients alexiques**

La comparaison des données de ce groupe avec les normes établies montre des différences de forte et très forte significativité pour :

- les durées en lecture ( $p < .001$ ) et en recherche visuelle ( $p < .001$ ),
- le nombre de rétro-saccades en lecture et en recherche visuelle (pour les deux :  $p = .003$  : forte significativité, au seuil  $p < .01$ ),
- la durée moyenne des fixations en lecture ( $p = .008$ : forte significativité, au seuil  $p < .01$ ).

Les tests montrent avec ces patients un effet de la pathologie « alexie » sur le comportement oculomoteur : des temps de réalisation et un nombre de rétro-saccades augmentés dans les deux tâches, ainsi que des durées moyennes de fixation augmentées en lecture.

### **4) Comportement oculomoteur des patients avec alexie centrale profonde**

La comparaison des données de ce groupe – 5 sujets – avec les normes établies montre des différences significatives et de forte significativité pour :

- les durées en lecture ( $p < .01$ ) et en recherche visuelle ( $p < .05$ ),
- la durée moyenne des fixations en lecture ( $p = .01$ , significatif : au seuil  $p < .05$ ).

### **5) Comportement oculomoteur des patients avec alexie périphérique par HLH**

La comparaison des données de ce groupe – 4 sujets – avec les normes établies montre des différences significatives, de forte et très forte significativité pour :

- les durées en lecture ( $p < .05$ ), et en recherche visuelle ( $p < .001$ ),
- le nombre de rétro-saccades en lecture ( $p = .008$ , forte significativité : au seuil  $p < .01$ ).

Les points 4 et 5 montrent un effet du type d'alexie sur les paramètres oculomoteurs étudiés : les deux groupes de patients alexiques ont des durées en lecture et en recherche significativement allongées ; ceux avec alexie centrale profonde présentent aussi des durées de fixations en lecture allongées ; alors que ceux avec alexie hémianopsique présentent eux un nombre de rétro-saccades augmenté.

**6) Comportement oculomoteur comparé des patients avec alexie par HLH gauche et par HLH droite dans la tâche de lecture**

Nous avons choisi de ne pas traiter statistiquement – vu l’effectif réduit, respectivement deux et deux sujets – mais de présenter synthétiquement ces résultats. Le tableau 7 présente les valeurs de quatre POM en lecture chez les patients alexiques avec HLH gauche et chez ceux avec HLH droite. Nous présentons ici les paramètres pour lesquels les différences nous semblent intéressantes.

| Patients avec alexie hémianopsique par :   | EYEBRAIN lecture temps de réalisation (sec.) | EYEBRAIN lecture nombre de pro-saccades | EYEBRAIN lecture nombre de rétro-saccades | EYEBRAIN lecture Proportion (%) de rétro-saccades |
|--|--|---|---|---|
| HLH Gauche, sujet 5                        | 7,8  | 25                                      | 11  | 30,6  |
| HLH Gauche, sujet 13                       | 31,1   | 22                                      | 4   | 15,4  |
| HLH Droite, sujet 28                       | 32,4   | 40                                      | 26  | 39,4  |
| HLH Droite, sujet 37                       | 24,0   | 52                                      | 20  | 27,8  |
| moyenne arithmétique, patients avec HLH G. | 19,5   | 23,5                                    | 7,5                                       | 24,2  |
| moyenne arithmétique, patients HLH D.      | 28,2   | 46,0                                    | 23,0                                      | 33,3  |

Tableau 7. Données oculomotrices en lecture, patients alexiques par HLH droite et gauche.

Pour les deux patients avec HLH droite, le temps de lecture du texte est en moyenne plus long – mais deux patients, l’un avec HLH gauche l’un avec HLH droite, ont des temps de lecture équivalents – Le nombre de pro-saccades en revanche est presque le double, et le nombre de rétro-saccades est presque le triple, en moyenne chez les deux patients avec HLH droite que chez les deux patients avec HLH gauche. Si les proportions de rétro-saccades sont en moyenne de 24% pour les patients avec HLH gauche ; elles sont en moyenne de 33% pour ceux avec HLH droite. Les deux patients avec HLH gauche font pour ce texte de quatre lignes un total de 26 et 36 saccades ; les deux patients avec HLH droite font eux 66 et 72 saccades pour ce même texte.

**7) Comportement oculomoteur comparé en lecture et en recherche visuelle chez les patients avec alexie centrale**

La comparaison des données de ce groupe en lecture, comparées aux mêmes données en recherche visuelle, montre un effet de la tâche. Il existe des différences significatives ( $p < .05$ ) entre les valeurs recueillies aux 2 épreuves pour : les durées, les

amplitudes des pro-saccades et les durées moyennes de fixations. Ces patients ont présenté des profils oculomoteurs différents en fonction de la tâche.

#### **8) Comportement oculomoteur comparé en lecture et en recherche visuelle chez les patients avec alexie par HLH**

Les résultats ne montrent en revanche aucune différence significative, aucun effet de la tâche (lecture versus recherche visuelle) sur les six paramètres oculomoteurs chez les patients avec alexie par HLH. Les patients alexiques avec HLH ont présenté des profils oculomoteurs semblables, quelle que soit la tâche.

#### **9) Comportements oculomoteurs comparés : patients avec alexie centrale, patients avec alexie par HLH**

Les résultats ne montrent pas de différence significative, excepté pour le temps de réalisation dans la tâche de recherche visuelle ( $p < .05$ ).

## **CHAPITRE 4 : DISCUSSION**

Pour répondre aux questions de notre objectif principal et valider ou non les hypothèses de départ, nous avons dans un premier temps établi une base de données avec 82 sujets contrôle. Ainsi nous avons pu déterminer des normes et des seuils pour les performances en lecture et pour les paramètres oculomoteurs avec un eye-tracker. Nous avons ensuite vérifié l'influence des facteurs de variation sur les paramètres oculomoteurs étudiés. Enfin, notre étude portant sur les troubles acquis de la lecture a pu être réalisée. Les épreuves du protocole dont nous avons réalisé la normalisation permettent alors de tester non seulement la qualité de la lecture des patients mais aussi et surtout l'intégrité de l'oculomotricité mise en jeu.

Selon notre première hypothèse les patients alexiques montreraient des troubles oculomoteurs en lecture par rapport au groupe contrôle et les troubles oculomoteurs seraient différents selon le type d'alexie. En effet, nous nous attendions à ce que le temps de lecture, le nombre de pro-saccades, le nombre de rétro-saccades, la proportion de rétro-saccades, ainsi que la durée moyenne des fixations soient augmentés chez les patients comparés au groupe contrôle. En revanche nous nous attendions à ce que l'amplitude des pro-saccades et des rétro-saccades diminue. De plus, nous prévoyions que les troubles oculomoteurs soient moins marqués chez les patients AVC ne présentant pas d'alexie.

Les résultats montrent que les patients ont des troubles oculomoteurs par rapport au groupe contrôle et que ces troubles sont différents selon le type d'alexie retrouvée chez les patients – alexie centrale et alexie hémianopsique – Seule une lecture plus lente chez les patients vasculaires sans alexie a été retrouvée par rapport au groupe contrôle. Ces données confirment notre première hypothèse.

Nous posions comme deuxième hypothèse que des variables extérieures à l'alexie et à la lecture pourraient expliquer les troubles oculomoteurs. L'âge, le sexe, le niveau socio-culturel pourraient influencer les paramètres oculomoteurs étudiés.

Aucune corrélation n'a été établie entre les six paramètres oculomoteurs étudiés et les caractéristiques générales des patients (le genre, l'âge, le niveau socio-culturel), excepté une corrélation modérée (avec une grande dispersion) pour l'âge et le nombre de rétro-saccades en lecture, et une corrélation modérée pour l'âge et l'amplitude des pro-saccades en recherche. Ces résultats infirment en grande partie notre deuxième hypothèse. Nous n'avons pas traité statistiquement ces corrélations pour la population de patients, à notre sens trop peu représentative.

Enfin nous posons en troisième hypothèse qu'un effet de la tâche (test de lecture versus test de recherche visuelle) serait plus marqué chez les sujets contrôles que chez les alexiques. Effectivement, nous nous attendions à ce que les stratégies oculomotrices mises en place lors de la lecture soient peu différentes de celles mises en œuvre lors d'une épreuve de recherche visuelle chez les patients alexiques, alors que cela ne devrait pas être le cas pour le groupe contrôle.

Les résultats montrent que l'effet de la tâche (lecture versus recherche visuelle) est : très marqué chez les sujets contrôle ; marqué de manière significative sur trois paramètres oculomoteurs chez les patients avec alexie centrale ; pas du tout marqué chez les patients avec alexie par HLH. Ces résultats valident en grande partie notre troisième hypothèse.

L'ensemble des résultats nous permet maintenant de développer notre analyse en les confrontant aux données de la littérature. Nous l'approfondirons à partir de réflexions cliniques.

### **I - Normalisation : population contrôle**

#### **Données en lecture**

Les données normatives que nous avons calculé en lecture – scores et temps de lecture de pseudo-mots, de mots réguliers et irréguliers – sont proches des normes publiées par le logiciel d'évaluation Phonolec (Plaza et coll., 2008), elles viennent les appuyer.

#### **Paramètres oculomoteurs**

Les données normatives réalisées pour les paramètres oculomoteurs en lecture sont cohérentes au regard des données de la littérature.

Le temps moyen de lecture que nous avons retrouvé avec les sujets contrôle (8,88 secondes pour un texte de 42 mots) correspond à 284 mots lus par minute (MPM). Nos données extrêmes correspondent à 162 et 514 MPM. Or dans sa revue systématique de littérature, Rayner (1998) relève des vitesses moyennes de 250 MPM pour des lecteurs « normaux », allant jusqu'à 600 et plus MPM pour les lecteurs très rapides. Ces écarts s'expliquent par les différences interindividuelles. En effet deux grandes catégories de lecteurs sont retrouvées : les lecteurs rapides et les lecteurs lents. Une étude de Rayner (1998) portant sur ces deux catégories a montré que lorsqu'on pose des questions relatives au sens du texte, les lecteurs lents, avec des fixations plus longues, sont capables de répondre à des questions précises. Mais Rayner montre aussi que les lecteurs rapides parcourent le texte et

ne lisent pas tous les mots ; ils sont en difficulté pour répondre à des questions précises si ces dernières portent sur des éléments qu'ils n'ont pas parcouru.

Le nombre de pro-saccades est habituellement décrit par les auteurs avec une amplitude des pro-saccades de 7 à 9 caractères (Content et coll., 2000 ; Dehaene, 2007 ; Quercia, 2010). Etant donné que le texte proposé dans la tâche de lecture comprend 185 caractères, le nombre moyen de 25,15 pro-saccades est cohérent : il correspond à une amplitude moyenne des pro-saccades de 7,35 caractères. Notons que l'amplitude des pro-saccades est directement liée au nombre de pro-saccades et par conséquent au nombre de fixations pour un texte déterminé.

Dix à vingt pourcents des saccades lors de la lecture sont des rétro-saccades (Rayner, 1998 ; Blythe et al., 2009). Par conséquent, le nombre moyen que nous avons retrouvé – 4,07 rétro-saccades sur ce texte – est pertinent. En effet il correspond à une proportion moyenne de rétro-saccades de 13%.

La durée moyenne des fixations de nos sujets contrôle appuient les données de la littérature : il a été montré que les fixations durent en moyenne 200 à 250 ms en lecture silencieuse (Rayner, 1998). Dans notre étude, les fixations durent en moyenne 237,93 ms.

D'autre part (à l'exception de l'amplitude moyenne des rétro-saccades), il a été mis en évidence des différences très importantes entre les résultats obtenus en lecture et en recherche visuelle, cela pour l'ensemble des POM, à l'exception de l'amplitude moyenne des rétro-saccades. Un effet de la tâche est donc retrouvé, et il est très important. Ces résultats sont pertinents étant donné la nature différente des mécanismes cognitifs impliqués dans ces deux tâches. En effet selon Rayner (1998), en lecture, c'est l'accès lexical qui sert au déclenchement du mouvement des yeux d'un point à l'autre. En recherche visuelle en revanche un simple procédé sert au mouvement des yeux. Effectivement, le déclenchement du mouvement oculaire dans une tâche de recherche visuelle consiste à se demander si la cible est présente dans la zone de décision. Si tel n'est pas le cas, une nouvelle saccade est programmée pour examiner une zone qui ne l'a pas encore été. La difficulté de la recherche visuelle influence les mouvements des yeux : Rayner (1998) a à ce propos mis en évidence que les fixations sont plus longues et les saccades plus courtes – et par conséquent plus nombreuses – qu'en lecture.

Nos résultats viennent confirmer ces données. La tâche de lecture nécessite moins de pro-saccades, étant donné que pour lire, il faut reconnaître des suites de lettres en tant qu'éléments signifiants. En recherche de lettres au contraire, il convient de faire une analyse lettre après lettre pour identifier l'élément cible.

Les rétro-saccades, globalement, ont pour but de faire des vérifications lorsqu'une information est incomplète (Starr et coll., 2001). Il est donc normal que chez le lecteur expert elles soient peu présentes en lecture, contrairement en recherche où le contrôle du nombre d'éléments cibles à trouver s'impose. La durée moyenne des fixations est également augmentée en recherche étant donné que l'analyse des données est plus longue puisqu'aucune anticipation ne peut être réalisée.

Facteurs de variation des POM : très peu de corrélation a été retrouvée entre le comportement oculomoteur et le genre, l'âge, le niveau socio-culturel des patients. Seules une corrélation modérée entre l'âge et le nombre de rétro-saccades en lecture, et entre l'âge et l'amplitude des pro-saccades en recherche apparaissent. Un effet de l'âge apparaît donc sur deux seulement des douze POM étudiés. Nous aurions pu attendre des corrélations entre le NSC et les temps de lecture : les paramètres oculomoteurs auraient pu être améliorés avec le niveau d'étude des sujets, mettant en pratique une lecture plus régulière. Ce n'est pas le cas. Nos résultats montrent un effet de l'âge sur le nombre de rétro-saccades en lecture. Pour ce résultat nous pouvons faire le parallèle avec les propos de Paterson et coll. (2012) qui rapportent que les personnes âgées lisent plus lentement, font davantage de plus longues fixations et plus de rétro-saccades que les jeunes adultes. Selon ces auteurs, cette différence est surtout attribuée à une altération cognitive et sensorielle associée à l'âge, qui mène les sujets âgés à adopter des stratégies de lecture différentes pour compenser l'altération de leur procédure de lecture.

Mais globalement nos résultats sur une population de 82 sujets contrôle montrent que la lecture est un phénomène relativement stable : si l'âge vient influencer le nombre de rétro-saccades, ni le sexe ni le niveau socio-culturel ne viennent influencer le patron typique oculomoteur en lecture.

## **II – Validation : population de patients AVC**

Nous avons mené cette étude avec 82 sujets contrôle et un groupe de 13 patients en phase aiguë d'AVC. Nos résultats sont limités quoique saillants sur certains points précis. S'ils vont en général dans le sens de la littérature, ils ont néanmoins été obtenus avec une faible puissance statistique. Rappelons que le travail de normalisation du comportement oculomoteur de l'adulte en lecture est en cours, et que les données pathologiques devraient

à l'avenir être plus nombreuses pour calculer des profils oculomoteurs des alexies plus précis.

Cependant nous avons obtenu des résultats qui montrent que les performances en lecture et/ou le comportement oculomoteur en lecture sont très généralement perturbés en cas de lésion cérébrale. Chez certains patients il n'a pas été retrouvé d'alexie, mais une lecture plus lente par rapport au groupe contrôle. Cette durée allongée nous semble naturelle vu la proximité de l'accident vasculaire de ces patients, et de leur niveau de fatigabilité dans ces circonstances. Mais chez les patients AVC présentant une alexie nous avons retrouvé de la lenteur et des perturbations sur plusieurs paramètres oculomoteurs (POM).

Notre étude des comparaisons des POM en lecture et en recherche visuelle montre un effet de la tâche : très marqué chez les sujets contrôle, pas du tout marqué chez les patients avec alexie par HLH. Ces résultats ne sont pas concordants cependant avec ce que nous nous attendions à trouver pour les patients avec alexie centrale. En effet ces derniers ont présenté des profils oculomoteurs différents en fonction de la tâche. Mais nos résultats chez les sujets contrôle et chez les patients alexiques par HLH vont dans le sens des travaux existants. Ils sont à rapprocher des études de Hutzler et coll. (2006) et de Prado et coll. (2007), qui ont montré qu'il n'existe pas de différence de comportement oculomoteur entre des sujets contrôle et des sujets dyslexiques dans une tâche de recherche visuelle de lettres, alors que cette différence est à l'opposé très significative dans une tâche de lecture : les sujets dyslexiques, adoptant le même comportement oculomoteur qu'en recherche, font alors beaucoup plus de pro-saccades – par conséquent de plus faible amplitude – et donc plus de fixations, pour un même texte, que les sujets normo-lecteurs. Les travaux de Behrmann et coll. (2001) ont montré des résultats identiques pour des patients présentant une alexie pure. Le comportement oculomoteur normal en lecture est donc différent de celui qu'on observe dans une autre tâche, dans une tâche de recherche visuelle en particulier ; ce qui justifie qu'une analyse oculomotrice distingue ces deux aspects. L'étude de Bucci et coll. (2012) a aussi montré des performances oculomotrices équivalentes en recherche visuelle et en lecture chez un groupe d'enfants dyslexiques – avec des tests de lecture et de recherche proposés par e(ye)BRAIN similaires à ceux que nous avons employé – En comparaison des normes établies, les patients avec trouble de la lecture présentaient aussi des augmentations notables des durées de fixation, des nombres de pro- et de rétro-saccades, ainsi que des temps en lecture.

L'analyse des paramètres oculomoteurs comparés dans ces deux tâches permet donc de confirmer le caractère déviant du profil oculomoteur des patients avec trouble de la lecture.

Les éléments les plus saillants de nos résultats ont montré que les patients alexiques ont des troubles oculomoteurs sur plusieurs paramètres par rapport au groupe contrôle, et que les troubles retrouvés sont différents selon le type d'alexie : centrale ou hémianopsique.

Ainsi, des temps de réalisation et un nombre de rétro-saccades augmentés dans les deux tâches, ainsi que des durées moyennes de fixation augmentées en lecture, sont retrouvés pour le groupe des 9 patients alexiques. Ces données appuient une partie de celles de la littérature (Leff et coll., 2010 pour une synthèse). Pour les appuyer dans leur ensemble, et probablement avec une plus grande puissance statistique, nous aurions pu trouver aussi des pro-saccades plus nombreuses et de plus petite amplitude. Ce n'est pas le cas. Rappelons que notre population d'étude était limitée. Nous avons ensuite étudié le comportement oculomoteur des patients alexiques en les scindant en deux groupes : nous avons recherché l'existence de particularités oculomotrices dans les alexies centrales et dans celles par HLH ; en faisant cela notre puissance statistique a encore été diminuée.

Cependant l'étude statistique des résultats nous permet de poser les questions suivantes : certains paramètres oculomoteurs sont-ils plus sensibles ? le sont-ils en fonction du type d'alexie ?

La lenteur est retrouvée dans le groupe de l'ensemble des patients AVC, et dans chacun des sous-groupes : patients avec alexie centrale profonde, avec alexie par HLH, et patients vasculaires sans alexie. C'est le marqueur le plus sensible.

L'augmentation de la durée moyenne des fixations n'est en revanche retrouvée que chez les 9 patients alexiques évalués statistiquement ensemble, et dans le groupe des 5 patients avec alexie centrale. Cet élément est retrouvé dans la littérature – dans l'étude de Klingelhöfer (1984) – chez les patients avec alexie centrale. Schattka et coll. (2010) retrouvent aussi une durée des fixations plus importante dans cette population, mais aussi une augmentation du nombre de rétro-saccades et par conséquent une augmentation du temps de relecture dû aux refixations – éléments que nous n'avons pas retrouvé –

Notre suggestion est que les fixations plus longues chez les patients avec alexie centrale seraient dues à un déchiffrement plus laborieux, par atteinte du niveau linguistique de traitement.

L'augmentation de la durée des fixations, et par conséquent du temps de lecture, s'expliquent par l'effort que leur demande le travail des processus linguistiques de haut niveau, qui sont déficitaires dans ces alexies ; l'analyse visuelle étant préservée. De ce point de vue leur profil oculomoteur est à rapprocher de celui des enfants souffrant de dyslexie développementale. Selon Rayner (1998) « *s'il est encore difficile d'affirmer que le patron atypique des mouvements oculaires le plus souvent observé chez les dyslexiques est la cause plutôt que la conséquence de leurs difficultés de lecture* », les mouvements oculomoteurs seraient tout de même selon lui chez la plupart des enfants dyslexiques le reflet d'un déficit des processus langagiers. La vérification de l'intégrité des mouvements de saccades dans des tâches n'impliquant pas la lecture, comme des épreuves de poursuite visuelle, pourrait participer à confirmer cette hypothèse, chez les enfants dyslexiques et chez les patients atteints d'alexie centrale. Les études de Zihl (1995) indiquent elles aussi que les mouvements oculomoteurs seraient guidés par des processus "top-down" : les informations cognitives, de nature linguistique – notamment extraites dans la zone parafovéale – détermineraient les mouvements oculomoteurs. Aussi nous pouvons faire l'hypothèse que ce sont les troubles phasiques qui entraînent, chez les patients avec alexie centrale, les troubles oculomoteurs et non pas l'inverse.

Le nombre de rétro-saccades est un paramètre perturbé : en augmentation notable pour le groupe des 13 patients AVC, celui des 9 patients alexiques, et le sous-groupe des patients avec alexie par HLH. Ce paramètre est saillant dans ce petit groupe malgré la faible puissance statistique. Ce groupe a retenu notre attention en ne montrant aucune différence significative entre son profil oculomoteur en lecture et celui en recherche visuelle. Ses données oculomotrices sont canoniques à ce titre.

Le nombre de rétro-saccades dans les alexies avec HLH nous semble être un marqueur plutôt sensible. Il est en outre en lien direct avec l'allongement du temps de lecture. Nous pensons qu'il est important, dans une évaluation oculomotrice attentive, de vérifier précisément ce paramètre. En particulier pour des patients avec une HLH : leur champ visuel amputé provoque, nous allons le voir, ce phénomène, en particulier pour une HLH droite.

Les rétro-saccades sont généralement considérées comme témoignant de difficultés de traitement. Elles servent à faire des vérifications quand une information incomplète est extraite par la première fixation, à éliminer des difficultés linguistiques, sémantiques, par définition propres à chaque lecteur (Starr et coll., 2001). Leur nombre dépend de la prédictibilité du mot, de la difficulté globale du texte, de l'ordre des mots, de la présence de la ponctuation, du changement de sens d'un mot d'une phrase à l'autre, de la position de mots importants pour la compréhension, et du temps de la phrase. De plus, dans les phrases ambiguës, les yeux effectuent souvent une régression depuis la région qui lève l'ambiguïté vers la région ambiguë ou vers le début de la phrase. (Miellet, 2004).

Les patients avec HLH dans notre étude font plus de rétro-saccades que les sujets contrôle. L'étude statistique n'a cependant pas montré qu'ils en faisaient significativement plus que les patients avec alexie centrale, même si chez ces derniers ce paramètre ne « ressort » pas.

Il convient de faire une distinction entre les alexies par HLH gauche et par HLH droite. Les illustrations schématiques du champ visuel et de l'empan de perception en lecture dans les alexies par HLH droite ou gauche (ANNEXE 12) montrent à l'évidence qu'il est nécessaire de faire cette distinction (Schuett et coll, 2008b). En outre il convient de la faire en fonction du sens de lecture de chaque langue. Dans notre étude (nous n'avons pas traité statistiquement ces données, l'effectif étant trop réduit), nous montrons que le nombre de pro-saccades est presque doublé, et le nombre de rétro-saccades triplé, en moyenne chez les deux patients avec HLH droite par rapport aux deux patients avec HLH gauche. Ces derniers font pour le texte de quatre lignes un total de 26 et 36 saccades ; alors que les deux patients avec HLH droite en font 66 et 72 pour le même texte. Ces données vont dans le sens de la littérature (Schuett et coll., 2008b) : les patients avec HLH droite ont plus de difficultés en lecture que ceux avec HLH gauche (dans les langues lues de gauche à droite ; c'est l'inverse dans les langues lues de droite à gauche). Ils sont amputés d'une partie importante de l'information visuelle parafovéale à droite, de nature notamment linguistique, dont nous nous servons pour planifier et orienter les saccades suivantes (Zihl, 1995 ; Leff et coll., 2006). Ils adoptent des stratégies de lecture inefficaces : en fixant à gauche du point idéal de fixation les mots de 4 lettres et plus, non seulement une partie réduite du mot est analysée par leur système linguistique, mais ces « mauvaises » fixations sont plus propices à provoquer une relecture du mot et donc des rétro-saccades (McDonald et coll., 2006).

Il y a donc un intérêt important en terme de remédiation à détecter précisément, et donc de manière instrumentale, les HLH : leur latéralité peut être retrouvée cliniquement mais un appareillage est nécessaire pour mesurer l'étendue du champ visuel lésé. L'appareil « de Goldman » par exemple permet l'analyse fonctionnelle de la totalité du champ visuel.

### **III – Eléments de remédiation**

Les difficultés de lecture après un AVC ont été étudiées par Rowe et coll. (2011) sur une population de 915 patients, pour déterminer les causes oculaires et non oculaires de ces difficultés. Parmi ceux qui avaient des difficultés de lecture (19,3% d'entre eux), plus de 60% avaient des amputations du champ visuel ; et 48% des mouvements oculomoteurs anormaux (principalement des troubles des mouvements saccadiques, et des difficultés à stabiliser les fixations notamment). Rowe et coll. concluent que les patients AVC avec une plainte en lecture ont majoritairement des troubles en lecture d'origine visuelle. Après l'étude que nous avons menée avec un eye-tracker, il nous semble opportun d'ajouter que l'étude des comportements oculomoteurs des patients AVC peut dorénavant constituer une évaluation fonctionnelle intéressante. Ces mesures sont sensibles et ont la capacité de montrer un effet de la pathologie. Elles peuvent aussi servir à objectiver les évolutions visibles après rééducation.

Avant d'aborder pour la population avec alexie par HLH la rééducation visuo-motrice nous souhaitons dire quelques mots de la spécificité de la rééducation des alexies centrales.

Pour la remédiation des alexies centrales, les références aux modèles cognitivistes montrent qu'il est nécessaire de traiter les alexies lexicales différemment des alexies phonologiques et profondes. Pour ces dernières nous pouvons citer la technique des codes (de Partz, 2001) qui consiste en un ré-apprentissage de la procédure de conversion graphèmes-phonèmes en utilisant les capacités lexicales préservées. Chaque lettre de l'alphabet est écrite et indiquée par un mot qui la contient en initial. En parallèle un ré-entraînement de l'assemblage des phonèmes est effectué avec des pseudo-mots pour inhiber la voie lexicale, et un logiciel permet de faire varier et de mesurer l'augmentation de la vitesse de lecture. La technique de Friedman de ré-apprentissage par association de bigraphes à des mots relais (Kim et coll., 2007) a fait l'objet d'études prouvant son efficacité. Citons aussi le protocole CART (Copy And Recall Treatment (CART) Protocol) qui consiste en un ré-entraînement multimodal des représentations orthographiques à l'efficacité prouvée elle aussi par plusieurs études (Beeson et coll. (2006) . Le protocole

CART consiste à croiser les modalités : dénommer, épeler, entendre, lire, écrire des stimuli choisis, dans un ordre précis de difficulté, de manière intensive et répétitive.

### La remédiation des alexies périphériques par HLH

Schuett et coll. (2012) proposent une des techniques les plus efficaces à ce jour : un entraînement visuo-moteur intensif en lecture « flash » dans lequel les patients sont amenés à faire des saccades plus rapides et plus précises grâce à un forçage induit par des temps décroissants d'apparition de mots (de longueur croissante) apparaissant à l'écran du côté du champ visuel lésé. Les résultats de la première étude en cross-over avec des exercices d'entraînement de l'exploration visuelle montrent que les progrès dus à ces entraînements sont spécifiques et tâche-dépendants. La vitesse de lecture a par exemple été améliorée en moyenne de 31% avec 12 séances de 45 minutes. Par ailleurs il n'y a pas eu d'effet de séquence. La rééducation des mouvements oculaires semble une approche prometteuse. Les études montrent que ces programmes thérapeutiques sont efficaces. S'ils ne permettent pas de retrouver une vitesse de lecture normale, l'ampleur de l'effet est une impressionnante amélioration de 20 à 80 % par rapport à la vitesse de lecture initiale, pour des périodes d'entraînement ciblé de 7 à 20 heures (Schuett, 2009), ce qui est relativement court comparativement à l'entraînement de l'exploration visuelle du champ lésé (Leff et coll., 2010). La revue de littérature de Kerkhoff (2000) le confirme : les traitements les plus efficaces sont ceux qui travaillent à retrouver une oculomotricité typique de la lecture, en particulier par l'entraînement à reproduire des saccades typiques dans le champ visuel lésé. Chez certains de ces patients une adaptation spontanée efficace du comportement oculomoteur est parfois observée. Mais cette adaptation ne se fait pas toujours et une rééducation est le plus souvent nécessaire.

Les textes défilants ont prouvé depuis longtemps leur efficacité. Le défilement du texte, provoquant un nystagmus optocinétique dit à champ réduit, accroît la vitesse de lecture des patients avec HLH, et lorsque les patients retournent au texte statique (normal), cette vitesse de lecture accrue persiste. (Spitzyna et coll., 2007 ; Leff, 2010). Étant donné la simplicité du matériel thérapeutique, il est apparu intéressant à l'équipe de Leff de se servir d'internet pour administrer cette thérapie. Leff & Schofield (2010) ont récemment publié un site Web où les patients atteints d'alexie par hémianopsie peuvent mettre à l'essai leur champ visuel et entraîner leur vitesse de lecture gratuitement avec un matériel simple de réadaptation (texte défilant) : <http://www.readright.ucl.ac.uk/>. Le logiciel gratuit ESEL (entraînement aux stratégies exploratoires de lecture ; Weill-Chounlamountry & Coulon,

2013) est destiné à l'entraînement de la poursuite oculomotrice en tâche de lecture chez les patients possédant des troubles neurovisuels acquis. Il propose un affichage de textes mot par mot selon une progression dite d'estompage progressif avec un système d'indilage.

Pouget et coll. (2012) rappellent dans leur revue de littérature que « *les déficits homonymes du champ visuel sont des symptômes communs après lésion cérébrale. Ces anomalies sont particulièrement invalidantes d'un point de vue fonctionnel, induisant d'importantes difficultés pour l'exploration visuelle ou la lecture, avec des répercussions notables dans la vie quotidienne.* » Ils soulignent à cet égard l'importance d'une évaluation rigoureuse et systématique des déficits du champ visuel.

Notre étude a inclus 82 sujets contrôle et 13 patients ayant fait un AVC. Ces effectifs sont tous les deux insuffisants. Rappelons que le travail de normalisation de l'oculomotricité en lecture chez l'adulte est en cours. Les données statistiques du travail sur les différents types d'alexie ont été faites avec une puissance réduite, les critères d'exclusion des patients étant nombreux. Les patients inclus dans notre étude peuvent ne pas être représentatifs des populations d'alexiques en raison de leur faible nombre. Un plus grand temps imparti aurait permis d'en inclure davantage. Les distributions de l'âge des sujets contrôle et des patients sont éloignées et peuvent de ce fait biaiser l'analyse statistique. Nous avons pu trouver individuellement ou sur de faibles effectifs des perturbations chez les patients, mais en tant que groupe nous ne pouvons pas conclure à des profils des paramètres oculomoteurs par type d'alexie, par manque de puissance statistique. La qualification des alexies centrales des patients a été faite en se basant sur le modèle de lecture à deux voies, en fonction de la prédominance des troubles en lecture à voix haute ; on sait que les troubles sont souvent plus nuancés. L'alexie hémianopsique n'a pas été détectée avec une méthode instrumentale, c'est d'ailleurs une de nos recommandations pour la pratique clinique de pouvoir le faire systématiquement chez les patients présentant des amputations du champ visuel. Nous n'avons donc pas d'information sur l'étendue du champ lésé. Aussi, nous n'avons pas vérifié si les patients présentaient des lésions dans les aires du colliculus supérieur ou du champ oculomoteur frontal, impliqués dans la production de saccades volontaires. Des perturbations oculomotrices peuvent avoir pour origine des lésions de ces zones corticales. L'ensemble de ces éléments concourt à interpréter les résultats avec précaution.

## **CHAPITRE 5 : CONCLUSION & PERSPECTIVES**

L'oculomotricité est un paramètre essentiel de la lecture.

L'objectif initial de cette étude était de mieux caractériser l'oculomotricité dans l'alexie centrale et l'alexie hémianopsique. Pour cela nous avons inclus 82 sujets contrôle et 13 patients en phase aigüe d'AVC. Les évaluations de chacun ont été réalisées cliniquement pour la lecture et avec un eye-tracker pour les paramètres oculomoteurs en lecture et en recherche visuelle.

Etape indispensable, des normes ont été réalisées pour les performances en lecture – appuyant celles publiées par le logiciel d'analyse utilisé – et pour l'oculomotricité en lecture chez l'adulte. Elles sont conformes aux données de la littérature.

Nous avons ensuite réalisé une étude statistique sur les données des 2 populations pour la validation clinique. Peu d'effets de facteurs externes chez les sujets contrôle ont été retrouvés, excepté pour l'âge et le nombre de rétro-saccades. L'analyse des résultats n'a pas montré de différences significatives entre les profils oculomoteurs de lecture et de recherche visuelle chez les patients présentant une alexie hémianopsique, alors que c'est le cas chez les sujets contrôle. Des différences significatives ont été retrouvées entre les profils oculomoteurs des patients présentant des alexies et ceux des sujets contrôle. Les résultats appuient ceux de la littérature et montrent que les paramètres oculomoteurs sont perturbés différemment selon que l'alexie est centrale ou hémianopsique. Les processus détériorés ne sont pas les mêmes : linguistiques pour les alexies centrales, visuels pour les alexies par HLH. Si les alexies centrales peuvent principalement être évaluées par des tests cliniques de lecture, les alexies périphériques, le plus souvent hémianopsiques, sont des troubles de nature perceptive, et à ce titre l'évaluation de l'oculomotricité est alors indiquée.

Nous pouvons conclure que l'examen de l'oculomotricité est certainement sensible. Il constitue un bon outil de recherche. Il n'a néanmoins pas de visée diagnostique. Malgré cela il est intéressant que les patients avec des troubles acquis de la lecture puissent être examinés pour vérifier la concordance de perturbations spécifiques de leur oculomotricité avec le caractère de leur alexie. L'élaboration de leur plan de rééducation en sera enrichie. Certaines approches thérapeutiques récentes sont très efficaces, elles doivent être spécifiques.

Des études récentes rapportent que les troubles de la lecture touchent près de 20% des patients après un AVC. Parmi eux la moitié présente des désordres oculomoteurs, les deux tiers des amputations du champ visuel. Les conséquences sont particulièrement invalidantes. Il nous paraît donc important que le dépistage des alexies soit fait pour ces patients dès la phase aiguë de l'AVC afin de commencer une rééducation précoce adaptée qui se poursuivra à la phase de stabilisation. Cette démarche permet de limiter les répercussions des déficits dans la vie quotidienne.

Les orthophonistes tiennent une place essentielle dans la prise en charge de ces troubles. Il nous semble donc important que ces professionnels soient formés au diagnostic et à la prise en charge des différents types d'alexie.

Il serait intéressant d'étoffer la population de patients, et que cette étude soit donc poursuivie, afin de préciser les profils oculomoteurs des différents types d'alexies. Il est aussi nécessaire de poursuivre la normalisation avec un plus grands effectif. Enfin, plusieurs études récentes rapportant leur efficacité (ainsi qu'un faible coût de mise en œuvre), il pourrait être intéressant de s'inspirer des thérapies à distance pour les alexies hémianopsiques, utilisant des textes défilants, pour créer un service web équivalent en langue française.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aghababian, V. (2000) Developing normal reading skills: aspects of the visual processes underlying word recognition. *Jour. of exp. child psychology* 76, pp.123-150
- Aghababian, V., Nazir, T.A. (2007). Modèles et évaluation de la lecture et des dyslexies chez l'enfant : apport de l'effet de la position optimale du regard dans le mot (OVP). In E. Demont & M. N. Metz-Mutz (Eds.), *L'acquisition du Langage et ses Troubles* (pp. 81-124). Marseille : Solal.
- Beeson, P.M., Egnor, H. (2006) Combining treatment for written and spoken naming. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12, pp.816–827.
- Behrmann, M., Nelson, J., Sekuler, E.B. (1998) Visual complexity in letter-by-letter reading. Pure alexia is not pure. *Neuropsychologia* Vol. 36 (11) pp.1115-1132
- Behrmann, M., Shomstein, S.S., Black, S.E., Barton, J.J.S. (2001) The eye movements of pure alexic patients during reading and nonreading tasks. *Neuropsychologia* 39: pp.983-1002
- Blythe, H. I., Liversedge, S. P., Joseph, H. S., White, S. J., Rayner, K. (2009). Visual information capture during fixations in reading for children and adults. *Vision Research*, 49, pp.1583-1591.
- Bocoyran, S., Descat, C. (2002) Normalisation d'une épreuve de lecture de textes pour les sujets héminégligents. *Mémoire d'orthophonie*. Nancy
- Bub, D. (2003) Alexia and related reading disorders. *Neurol Clin* 21: 549–568
- Bucci, M.P., Nassibi, N., Gerard, C.L., Bui-Quoc, E., Seassau, M. (2012) Immaturity of the Oculomotor Saccade and Vergence Interaction in Dyslexic Children: Evidence from a Reading and Visual Search Study. *PLoS ONE*, Volume 7; 3-e33458, pp.1-8
- Carbonnel, S. (1996). Les dyslexies centrales : implications pour les modèles de la lecture. In S. Carbonnel, P. Gillet, M. D. Martory & S. Valdois, (Eds.), *Approche cognitive de la lecture et de l'écriture chez l'enfant et chez l'adulte* (pp. 207-224). Marseille : Solal.
- Chokron, S. (2003). Sémiologie des troubles neurovisuels d'origine centrale. *Neurologie*, 6, 530-535.

- Chokron, S., Bartolomeo, P., Siéhoff É. (2008) La négligence spatiale unilatérale : trente ans de recherches, de découvertes, d'espoirs et (surtout) de questions. *Revue Neurologique* 164, pp134-142
- Chomel-Guillaume S., Leloup G., Bernard I. (2010). *Les Aphasies : Evaluation et Rééducation*. Issy les Moulineaux : Masson.
- Ciuffreda, K.J., Kapoor, N., Rutner, D., Suchoff, I.B., Han, M.E., Craig, Shoshana (2007) Occurrence of oculomotor dysfunctions in acquired brain injury: A retrospective analysis. *Optometry* 78, pp.155-161
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehericy, S., Dehaene-Lambertz, G., Henaff, M.-A., Michel, F. (2000) The visual word form area: Spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*,123, 291-307
- Cohen, L., Henry, C., Dehaene, S., Martinaud, O., Lehericy, S., Lemerb, C., Ferrieux, S. (2004) The pathophysiology of letter-by-letter reading. *Neuropsychologia* 42: 1768–178
- Coltheart, M. (2005). "Word recognition processes in reading. Modeling reading : the dual-route approach". In Margaret J Snowling, Charles Hulme, (Eds.), *The science of reading : a handbook* (pp. 6-23). Malden, MA : Blackwell Pub.
- Content, A. & Peerman, R. (2000). La reconnaissance des mots écrits. In J. A. Rondal & X. Seron (Eds.), *Troubles du langage. Bases théoriques, diagnostic et rééducation* (pp.257-288). Liège : Editions Mardaga.
- Costello, A.D., Warrington, E.K.(1987). The dissociation of visuospatial neglect and neglect dyslexia. *Jour. of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 50(9):1110-6.
- David-Millot, A. (2008). *Liens entre les troubles de la lecture et les troubles de la vision et du regard : Outil de dépistage des troubles de la motricité oculaire conjuguée et de la vision binoculaire pour les enfants ayant des troubles de la lecture, à destination des orthophonistes. Mémoire d'orthophonie*. Nantes
- Dehaene, S. (2007) *Les neurones de la lecture*. Paris : Odile Jacob

- Dehaene, S., Le Clec'H, G., Poline, J.-B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2002) The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *Neuroreport*, 13( 3-4), 321-325
- Dejerine, J. (1892) Contribution à l'étude anatomo-pathologique et clinique des différentes variétés de cécité verbale. *Mém. Soc. Biol.* ; 4 : pp.61-90
- Dulin, D. (2008). *Imagerie mentale et déficience visuelle : approche cognitive, fonctionnelle et pathologique des représentations mentales*. Thèse soutenue à l'université Paris Ouest, Nanterre
- e(eye)BRAIN (2011) [www.eyebraintopia.com](http://www.eyebraintopia.com)
- Ferrand, L. (1995). Evaluation du rôle de l'information phonologique dans l'identification des mots écrits. *L'année psychologique*. vol. 95, n°2. pp. 293-315.
- Flamand-Roze, C., Falissard, B., Roze, E., Maintigneux, L., Beziz, J., Chacon, A., Join-Lambert, C., Adams, D., Denier, C. (2011) Validation of a New Language Screening Tool for Patients With Acute Stroke: The Language Screening Test (LAST). *Stroke*, 42: 1224-1229
- Foucambert, D. (2008) Vision parafovéale et extraction précoce de la structure des phrases durant la lecture. *Psychologie française* 53, pp.259-277
- Grainger J. & Holcomb P.J. (2007). Neural constraints on a functional architecture for word recognition. In P. Cornelissen, P. Hansen, M. Kringelbach & K. Pugh, (Eds.), *Neural Basis of Reading*. Oxford : Oxford University Press.
- Habib, M., Robichon, F., (1996) Les mécanismes cérébraux de la lecture : un modèle en neurologie cognitive. *Médecine/Sciences* ; 12: pp.707-714
- Hutzler, F., Kronbichler, M., Jacobs, A.M., Wimmer, H. (2006) Perhaps correlational but not causal: No effect of dyslexic readers' magnocellular system on their eye movements during reading. *Neuropsychologia* 44, pp.637-648
- Juhasz, B.J., Rayner, K. (2003). Investigating the effects of a set of intercorrelated variables on eye fixation durations in reading. *Jour. of Exp. Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 29, pp.1312-1318.
- Kapoula, Z. (2004). Mobilité du regard et troubles de la lecture. *Pour la sc.*, 319, 74-80.

- Klingelhöfer, J., Conrad, B. (1984). Eye movements during reading in aphasics. *European Archives of Psychiatry and Neurological Sciences* 234 : pp. 175-183
- Kerkhoff, G. (2000) Neurovisual rehabilitation: recent developments and future directions. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 68: pp. 691-706
- Kim, M., Beaudoin-Parsons, D. (2007) Training phonological reading in deep alexia : does it improve reading words with low imageability ? *Clinical Linguistics and Phonetics* 21(5):321-51.
- Klein, V. (2009) Influence de la typographie sur l'aisance de lecture d'une population d'enfants dyslexiques. *Mémoire d'orthophonie*. Bordeaux.
- Ladavas, E., Shallice, T., Zanalla, M.T. (1997) Preserved semantic access in neglect dyslexia. *Neuropsychologia*, Vol 24 (2), pp.146-169
- Leff, P.A., Scott, S.K., Crewes, H., Hodgson, T.L., Cowey, A., Howard, D. (2000). Impaired reading in patients with right hemianopia. *Annals of Neurology*, 47, pp.171-178.
- Leff, P.A., Crewes, H., Plant, G.T., Scott, S.K., Kennard, C., Wise, R.J. (2001). The functional anatomy of single-word reading in patients with hemianopic and pure alexia. *Brain* 124(Pt 3): pp.510-521.
- Leff, P.A., Scott, S.K., Rothwell, J.C., Wise, R.J. (2001 b) The planning and guiding of reading saccades : a repetitive transcranial magnetic stimulation study. *Cerebral Cortex* 11(10): pp.918-23
- Leff, P.A. (2004) Alexia. *Advances in Clinical Neuroscience & Rehabilitation (ACNR)*, volume 4 number 3
- Leff, P.A., Spitsyna G., Plant G.T., Wise R.J.S. (2006) Structural anatomy of pure and hemianopic alexia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 77 : pp.1004–1007
- Leff, P.A., Schofield T. (2010). Rehabilitation of acquired alexia. In: Stone J.H., Blouin M., editors. *International Encyclopedia of Rehabilitation*. Disponible online : <http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia/en/article/267/>
- Lévy-Schoen, A. (1980). Flexibility of saccades and fixations during reading. *L'année Psychologique*, 80(1), 121-136.

- McDonald, S.A., Spitsyna, G., Shillcock, R.C., Wise, R.J., Leff, P.A. (2006). Patients with hemianopic alexia adopt an inefficient eye movement strategy when reading text. *Brain* 129 : pp.158-167.
- Maïonchi-Pino, N. (2008) Le traitement syllabique chez l'enfant normo-lecteur et dyslexique : rôle des caractéristiques linguistiques du français. Thèse de doctorat de psychologie, mention : psychologie cognitive. Lyon.
- Miellet, S. (2004) Médiation phonologique, Accès lexical et contrôle oculomoteur en lecture. Thèse de Doctorat en Psychologie, Université Lille III
- Nazir, T.A. (1998). Les mouvements oculaires et la lecture. In Boucart, M., Henaff, M.A., Belin, C. (Eds.). *Vision : aspects perceptifs et cognitifs* (pp. 311-322). Marseille : Solal.
- de Partz, M.P. (2001). Les modèles de la lecture compétente. In A. Van Hout & F. Estienne (Eds.), *Les dyslexies : décrire, évaluer, expliquer, traiter* (pp.49-55). Paris: Masson
- Paterson, K.B., McGowan, V.A., Jordan, T.R. (2012). Filtered text reveals adult age differences in reading: evidence from eye movements. *Psychology and Aging*. Disponible online: <https://www2.le.ac.uk/departments/psychology/ppl/kbp3/pdf/Aging-FilteredText-PandA.pdf>
- Pflugshaupt, T., Gutbrod, K., Wurt, P., Wartburg, R., Nyffeler, T., Haan, B., Karnath, H. O. & Mueri, R. M. (2009). About the role of visual field defects in pure alexia. *Brain*, 132, 1907-1917.
- Pflugshaupt, T., Suchan, J., Mandler, M.A., Sokolov, A.N., Trauzettel-Klosinski, S., Karnath, H.O. (2011) Do patients with pure alexia suffer from a specific word form processing deficit? Evidence from 'wrods with trasnpsoed letetrs'. *Neuropsychologia* 49: 1294–1301
- Plaza, M., Robert-Jahier, A.M., Gatignol, P., Oudry, M. (2008). *Phonolec Adolescents-adultes*. Chateauroux : Adeprio.
- Pouget, M.C., Lévy-Bencheton, D., Prost, M., Tilikete, C., Husain, M., Jacquin-Courtois, S. (2012) Rééducation des déficits acquis du champ visuel : mise au point critique et perspectives. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 55: 53–74

- Prado, C., Dubois, M., Valdois, S. (2007) The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision Research* 47, pp.2521–2530
- Quercia, P. (2010). Mouvements oculaires et lecture : une revue bibliographique. *Journal français d'ophtalmologie*, 33, pp.416-423.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing : 20 years of research. *Psychol. Bull.*, 124 (3), pp.372-422.
- Rowe, F., Brand, D., Jackson, C.A., Price, A., Walker, L., Harrison, S., Eccleston, C., Scott, C., Akerman, N., Dodridge, C., Howard, C., Shipman, T., Sperring, U., Macdiarmid, S., Freeman, C. (2008). Visual impairment following stroke: do stroke patients require vision assessment ? *Age and Ageing* 2009; 38: pp.188-193.
- Rowe, F., Wright, D., Brand, D., Jackson, C., Price, A., Walker, L., Harrison, S., Eccleston, C., Maan, T., Scott, C., Vogwell, L., Peel, S., Robson, L., Akerman, N., Dodridge, C., Howard, C., Shipman, T., Sperring, U., Yarde, S., Rowe, F., MacDiarmid, S., Freeman, C. (2011) Reading difficulty after stroke: ocular and non ocular causes. *World Stroke Organization Vol 6*, pp.404–411
- Schattka, K., Radach, R. & Huber, W. (2010). Eye movement correlates of acquired central dyslexia. *Neuropsychologia*, 48, 2959-2973.
- Schuett S., Heywood C.A., Kentridge R.W., Zihl J. (2008). Rehabilitation of hemianopic dyslexia: are words necessary for re-learning oculomotor control? *Brain* 131: pp.3156-3168
- Schuett, S., Heywood, C.A., Kentridge, R.W., Zihl, J. (2008b). The significance of visual information processing in reading: Insights from hemianopic dyslexia. *Neuropsychologia* 46 : pp.2441-2458
- Schuett, S., Kentridge, R.W., Zihl, J., Heywood, C.A. (2009). Are hemianopic reading and visual exploration impairments visually elicited ? New insights from eye movements in simulated hemianopia. *Neuropsychologia*, 47, pp.733-746.
- Schuett, S., Heywood, C.A., Kentridge, R.W., Dauner, R; Zihl, J. (2012) Rehabilitation of reading and visual exploration in visual field disorders: transfer or specificity ? *Brain* 135; pp.912–921

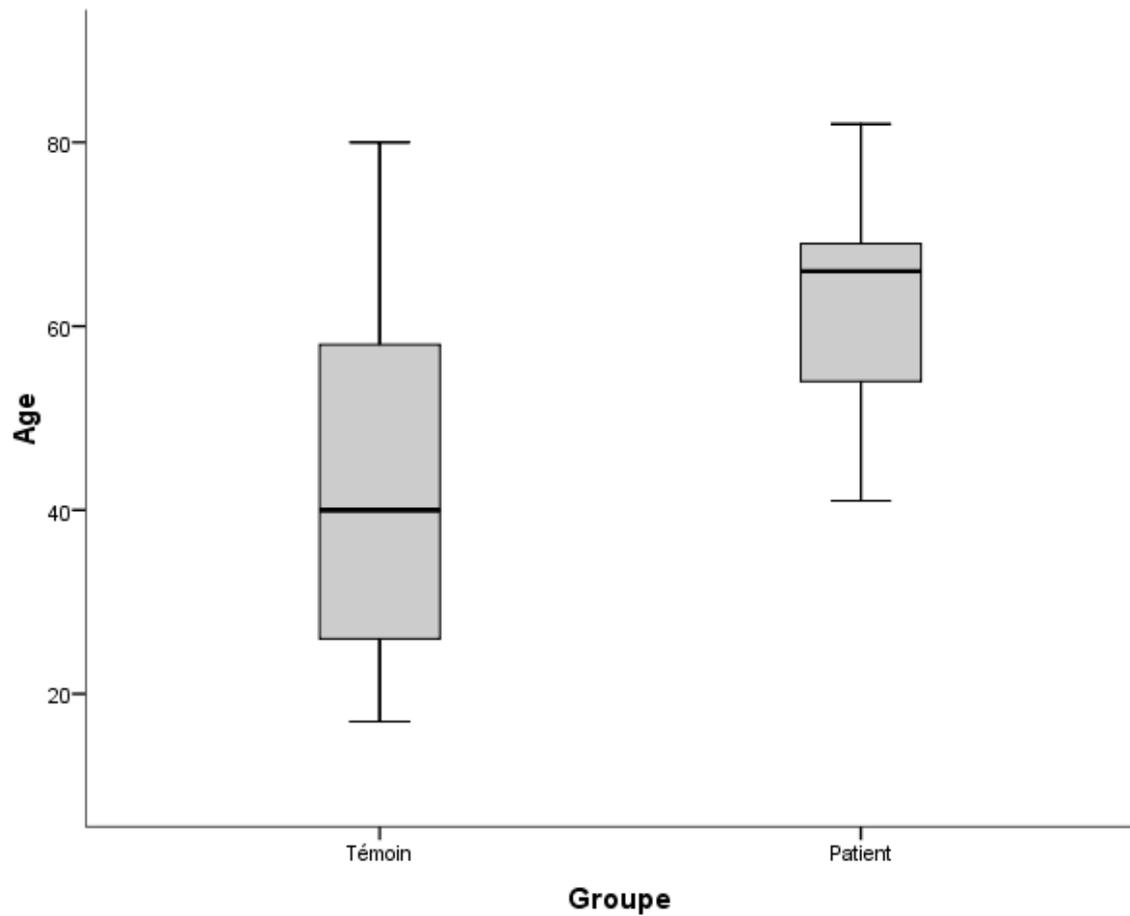
- Sheldon, C.A., Abegg, M., Sekunova, A., Barton, J.J.S. (2012) The word-length effect in acquired alexia, and real and virtual hemianopia. *Neuropsychologia* 50: pp.841-851
- Spitzyna, G.A., Wise, R.J., McDonald, S.A., Plant, G.T., Kidd, D., Crewes, H., Leff, P.A. (2007). Optokinetic therapy improves text reading in patients with hemianopic alexia : a controlled trial. *Neurology* 68(22): pp.1922-1930
- Starr, M. S., Rayner, K. (2001). Eye movements during reading : some current controverties. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, pp.156-163.
- Urban, S. (2013) Mouvements oculomoteurs et alexies. Exploitation d'une base de données établie avec un eye-tracker binoculaire. Mémoire d'orthophonie. Caen.
- Weill-Chounlamountry, A., Coulon, J. (2013) Entraînement aux Stratégies Exploratoires de Lecture (logiciel ESEL). Sablé-sur-Sarthe : Lurco.
- Wong M.F., A. (2008). *Eye Movement Disorders*. New York : Oxford University Press
- Yang, Q., Kapoula, Z. (2004) Saccade-vergence dynamics and interaction in children and in adults. *Experimental Brain Researches* 156: pp.212–223
- Zihl, J. (1995). Eye movement patterns in hemianopic dyslexia. *Brain*, 118: pp.891-912.

## ANNEXE 1.

### Représentation graphique de la distribution de l'âge, sujets contrôle et patients AVC.

Les rectangles gris représentent la population comprise entre les centiles 25 et les centiles 75 ; les traits gras à l'intérieur l'âge médian ; les traits horizontaux les âges extrêmes.

- pour les témoins, ou sujets contrôle N=82,
- pour les patients AVC N=13.



## ANNEXE 2.

### Synthèse des principales caractéristiques des alexies centrales & description détaillée de l'analyse des variables de Phonolec pour catégoriser les alexies centrales

| ALEXIE<br>de type :  | Incapacité ou très grandes<br>difficultés ( <b>-2DS et davantage aux<br/>scores et/ou aux temps aux<br/>épreuves de Phonolec</b> ) pour lire :  | Lecture possible :  |
|--|---|---|
| - <b>phonologique</b><br>=> utilisation de la<br>voie lexicale.              | - <b>pseudo-mots</b><br>- mots inconnus<br>- mots non familiers   | - mots connus ou familiers,<br>réguliers ou irréguliers.  |
| - <b>lexicale</b> (de surface)<br>=> utilisation de la<br>voie sub-lexicale. | - <b>mots irréguliers</b> (ou ambigus)<br>(lecture parfois possible si la<br>fréquence du mot est élevée)   | - mots réguliers<br>- pseudo-mots   |
| - <b>profonde</b><br>(phonologique mixte)                                    | - Caractéristiques de l'alexie<br>phonologique : <b>pseudo-mots</b> , mots<br>inconnus et non familiers ; <b>ET</b><br>difficultés : paralexies sur <b>mots<br/>irréguliers et/ou mots réguliers</b> )<br>(trouble d'accès à la forme lexicale<br>du mot) | - mots connus ou familiers,<br>mais capacités réduites par<br>rapport à un profil d'alexie<br>phonologique. |

La batterie Phonolec comprend cinq subtests : lecture de pseudo-mots courts et longs, de mots réguliers courts et longs, de mots irréguliers. Pour chaque épreuve sont collectées les données score et temps ; nous avons donc à disposition 10 variables quantitatives par sujet. Parmi ces 10 variables, nous avons choisi de privilégier l'analyse de la variable « performances » en lecture des sujets (score : nombre de mots lus correctement et nombre d'erreurs). Dans un second temps nous avons étudié la variable « temps » de lecture. En effet les patients participant à cette étude étant tous en phase aigüe d'AVC, ils étaient tous naturellement ralentis par la proximité de leur accident vasculaire. La variable « temps de lecture » a été utilisée pour observer la cohérence entre le score et la vitesse :

- 1- les temps sont dans la norme ou uniformément ralentis : nous considérons en priorité les variables « performances » pour les raisons évoquées ci-dessus.
- 2- il existe une lenteur spécifique sur un des subtests, ET cette lenteur est congruente avec le résultat des performances : nous considérons que cette lenteur vient appuyer

l'interprétation que nous faisons de la performance réduite à ce subtest, et donc la classification d'alexie que nous en faisons.

- 3- il existe une lenteur spécifique sur un des subtests, MAIS cette lenteur n'est pas congruente avec le résultat des performances : une discussion a lieu au cas par cas dans une recherche de consensus. Avec deux risques : inclure et typer l'alexie ; exclure le sujet.

Les critères pour déterminer l'alexie centrale des patients avec aphasie ont été les suivants : les performances en lecture ont été considérées comme pathologiques lorsque le score et/ou le temps de réalisation étaient situés à 2 déviations standard ou plus en dessous des normes établies par Phonolec.

Les différents cas de figure :

- 1- les performances sont correctes, avec ou sans lenteur diffuse : le sujet est classé comme patient vasculaire non alexique.
- 2- il existe un ou plusieurs échecs spécifiques sur les subtests, avec ralentissement non congruent : recherche de consensus, puis exclusion, ou inclusion du sujet selon tableau synthétique des alexies centrales.
- 3- il existe un ou plusieurs échecs spécifiques sur les subtests, avec ralentissement congruent : inclusion du sujet selon tableau synthétique des alexies centrales.

### ANNEXE 3.

#### Liste pour la lecture de pseudo-mots (Phonolec)

##### **Liste 1 :**

|         |        |
|---------|--------|
| Camige  | jatoce |
| Madul   | géfar  |
| Goveau  | digobe |
| Bainale | treu   |
| Légno   | duche  |
| fucan   | paze   |
| chousse | sopik  |
| cérin   | nopure |
| croine  | spaje  |
| vuque   | rodon  |

##### **Liste 2 :**

|             |             |
|-------------|-------------|
| Gabridan    | valligien   |
| Carbigne    | siqueron    |
| Gépridule   | molchouceau |
| Apirvalain  | rangamon    |
| Cétipalte   | tuceille    |
| beutrivale  | quatignal   |
| puladecton  | lautiphier  |
| fatirsament | jorgassoïn  |
| chodanuste  | nonnequin   |
| dinuvaille  | seugnelent  |

#### Liste pour la lecture de mots réguliers (Phonolec)

##### **Liste 1 :**

|            |          |          |
|------------|----------|----------|
| Une        | pourquoi | soleil   |
| Dans       | trop     | souris   |
| Qui        | pendant  | regarde  |
| Pour       | personne | chercher |
| Avec       | beaucoup | bruit    |
| Faire      | chien    | jardin   |
| Maison     | soir     | école    |
| Homme      | enfants  | arrive   |
| Maintenant | chaque   | histoire |
| Comment    | arbre    | voici    |

##### **Liste 2 :**

|              |             |              |
|--------------|-------------|--------------|
| famille      | exemple     | exercice     |
| fleurs       | merveilleux | besogne      |
| souvent      | quelquefois | gentillesse  |
| oiseau       | obscurité   | mouiller     |
| plusieurs    | texte       | explosion    |
| animal       | grognon     | information  |
| question     | phrase      | gouvernement |
| demande      | tilleul     | contagieuse  |
| combien      | catastrophe | forêt        |
| complètement | convaincre  | moisson      |

Liste pour la lecture de mots irréguliers (Phonolec)

|         |          |
|---------|----------|
| Automne | Gentil   |
| Chœur   | Echo     |
| Porc    | Femme    |
| Hiver   | Tennis   |
| Net     | Paon     |
| Mille   | Monsieur |
| Estomac | Aiguille |
| Clef    | Oignon   |
| Banc    | Seconde  |
| Sept    | Faisant  |

## ANNEXE 4.

### Présentation du dispositif oculométrique e(eye)BRAIN T2 - extrait de la brochure technique



#### PRÉSENTATION DE L'EYEBRAIN T2®

L'EyeBrain T2® est un dispositif médical innovant d'aide au diagnostic précoce de maladies neurologiques et psychiatriques ainsi que des troubles de lecture.

Il permet de tester le fonctionnement de régions spécifiques du cerveau grâce à l'analyse du mouvement des yeux et de la tête selon des algorithmes brevetés par e(eye)BRAIN.



#### L'OFFRE EYE BRAIN TRACKER SYSTEME DE VIDEO-OCULOGRAPHIE COMPLET D'AIDE AU DIAGNOSTIC

Les EyeBrain Trackers ou EBT sont des dispositifs médicaux qui fournissent une assistance au diagnostic des maladies neurologiques et psychiatriques. Basés sur l'oculomotricité, ils fournissent des marqueurs précoces, objectifs et précis, de pathologies neurologiques comme les syndromes parkinsoniens ou la sclérose en plaques. Ils aident également au diagnostic des troubles de la lecture. À la différence des eye-trackers dédiés à la recherche, notre dispositif fournit des tests oculomoteurs standardisés, analysés automatiquement pour être comparés à des valeurs normatives dans un bilan oculomoteur complet.

#### Les quatre étapes de fonctionnement de L'EyeBrain T2®

- ① L'examen  
Rapide, fiable et non-invasif, le praticien a à sa disposition des Packs (Oculomotricité Classique et Lecture) qui proposent des tests en fonction de la pathologie ciblée. Les chercheurs peuvent quant à eux développer, grâce au Pack Recherche, leurs propres paradigmes pour les tests.
- ② L'analyse  
Une fois les examens oculomoteurs passés, les mouvements oculaires sont analysés automatiquement. Le praticien a cependant la possibilité d'ajuster les résultats manuellement afin de garantir la qualité de l'analyse. Les chercheurs peuvent analyser manuellement tous les résultats.
- ③ Le bilan oculomoteur  
Suite à cette analyse, le bilan oculomoteur est automatiquement édité afin d'assister le praticien à poser le diagnostic sur l'éventuelle pathologie dont le sujet pourrait être atteint.
- ④ L'aide à l'interprétation  
Nous proposons des synthèses NOW® complétant notre dispositif. Elles aident le praticien lors de l'interprétation des résultats.

e(eye)BRAIN - 1 bis, rue Jean La Gallou - Ivry s/Seine

## EyeBrain T2®



ANNEXE 5.

Textes utilisés lors de l'épreuve de lecture et de recherche de « r » (e(ye)BRAIN)

L'été venait de finir et l'automne naissait. Il pouvait être huit heures du matin. Ce jour-là, ils traînaient le long des chemins et leurs pas semblaient alourdis de toute la mélancolie du temps, de la saison et du paysage.

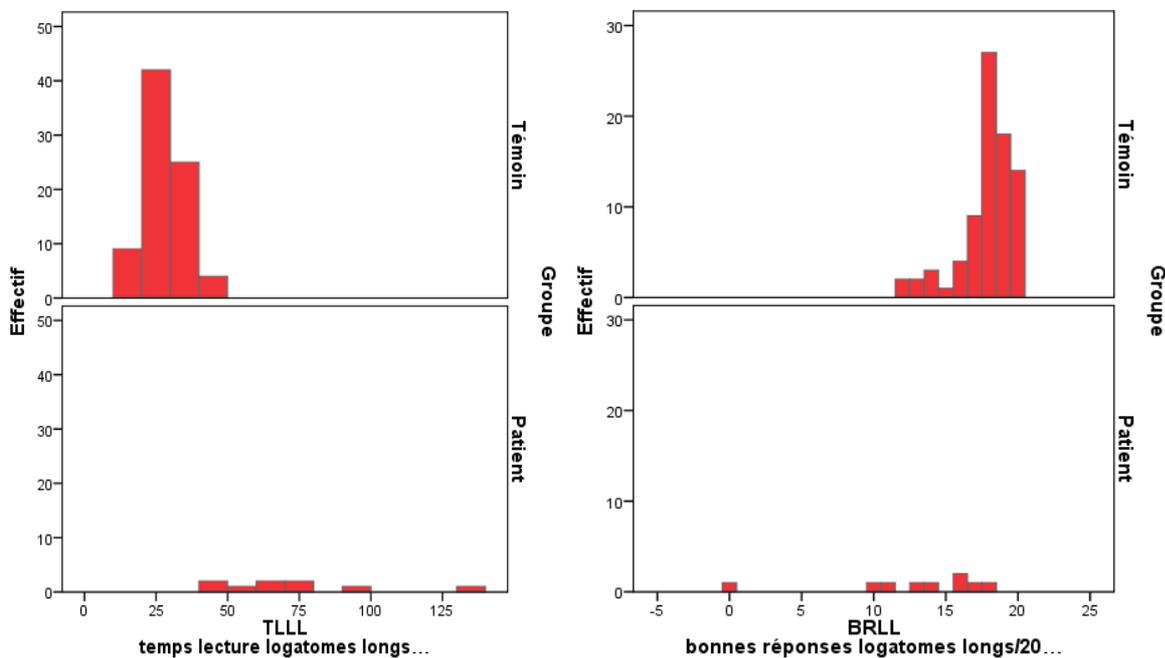
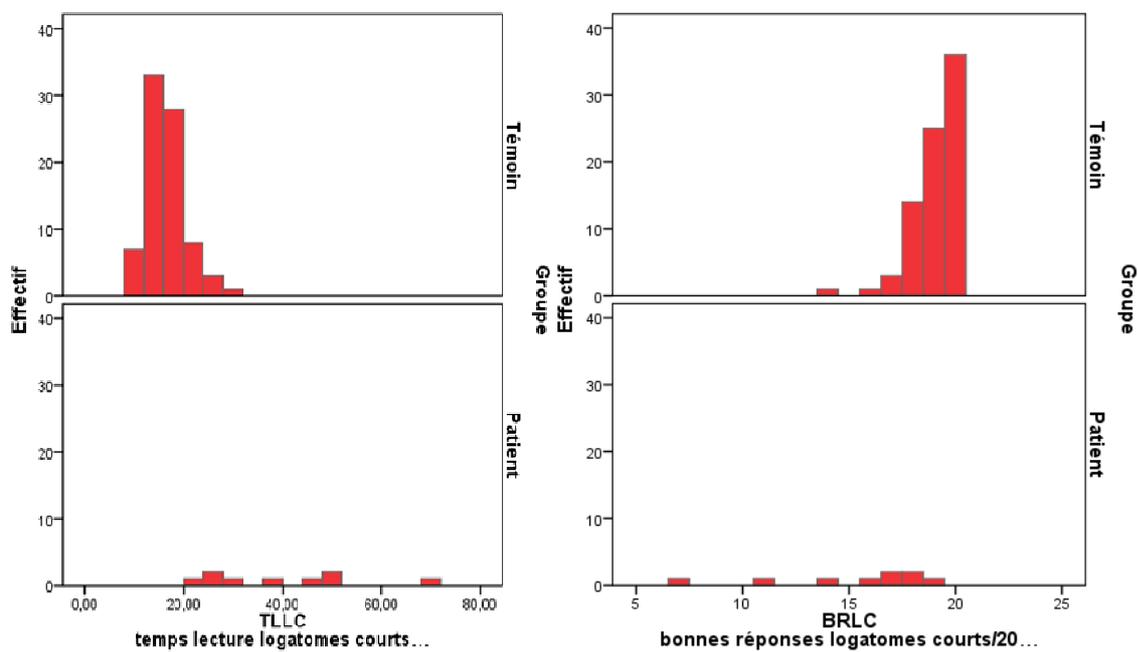
Tâche de lecture. Extrait de « La guerre des boutons » (Louis Pergaud, 1912)

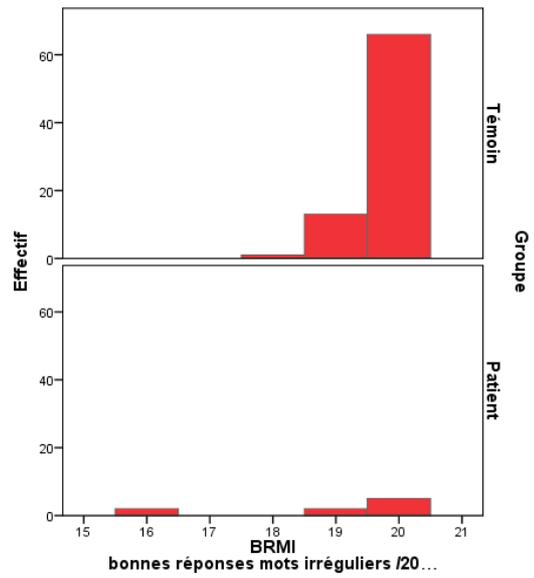
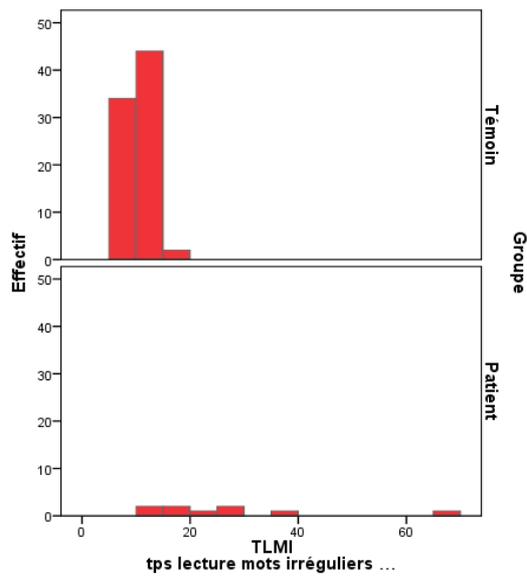
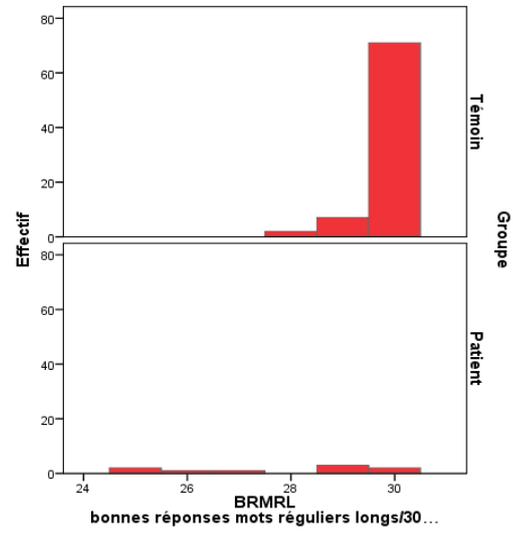
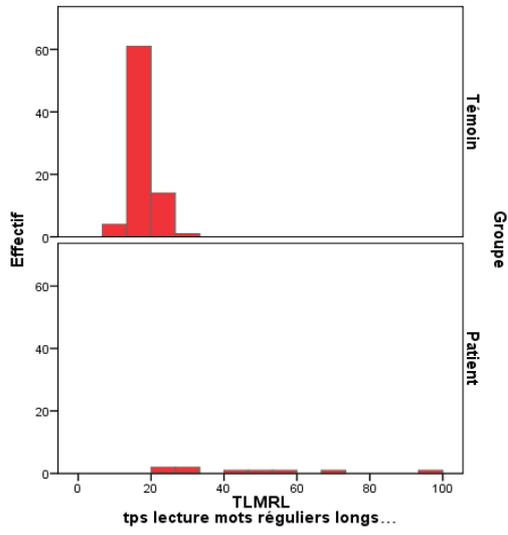
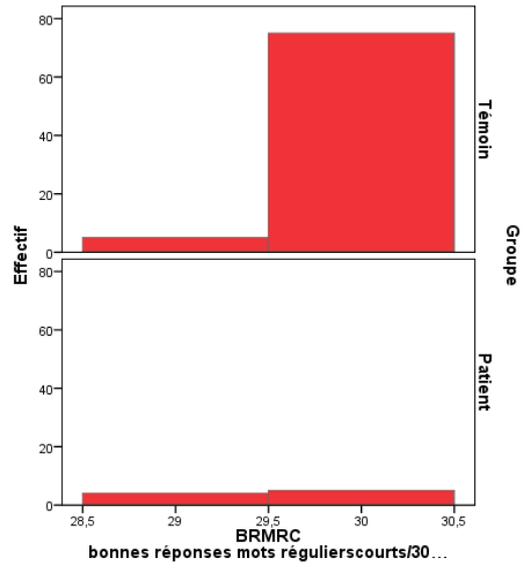
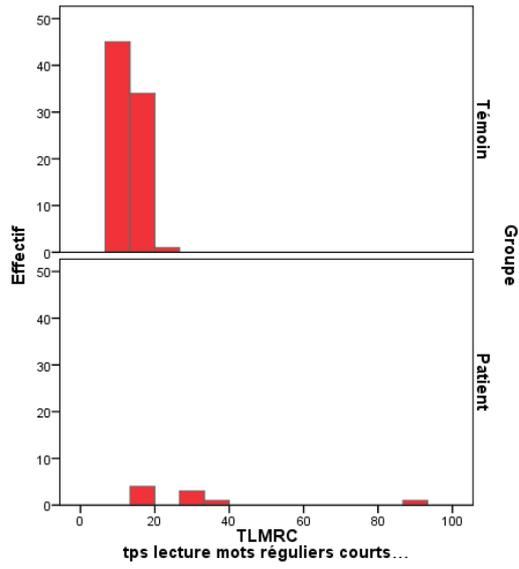
L'etc venait de finir et l'automne naissait. Il pouvait être huit heures du matin. Ce jour-là, ils traînaient le long des chemins et leurs pas semblaient alourdis de toute la mélancolie du temps, de la saison et du paysage.

Tâche de recherche visuelle (compter les « r »). Extrait de « La guerre des boutons » (Louis Pergaud, 1912).  
toutes les voyelles ont été remplacées par des consonnes

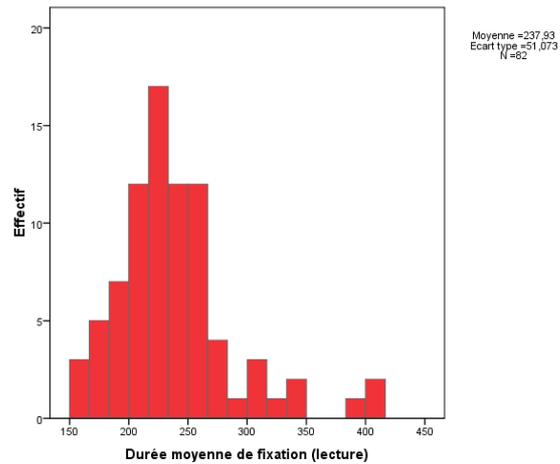
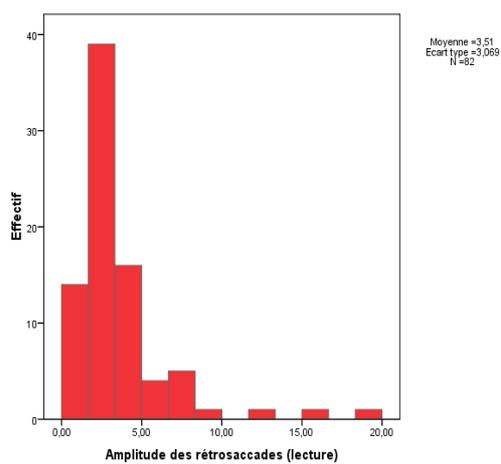
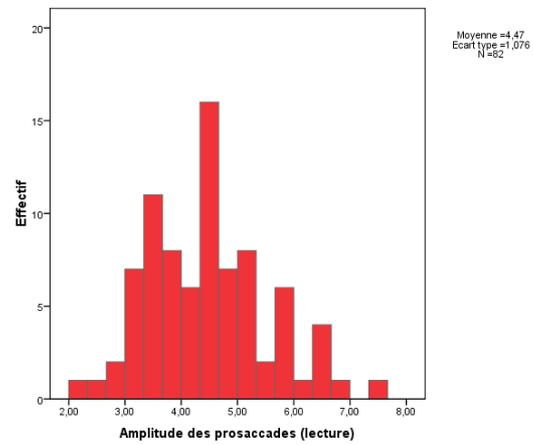
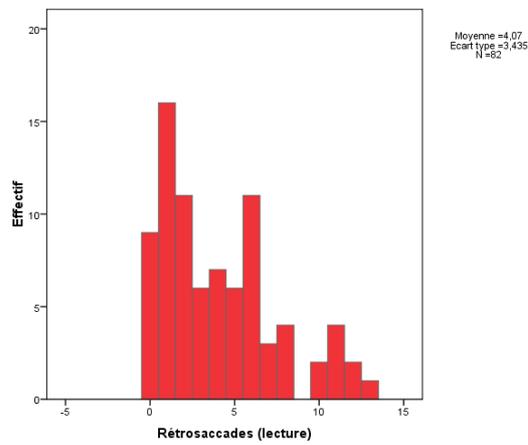
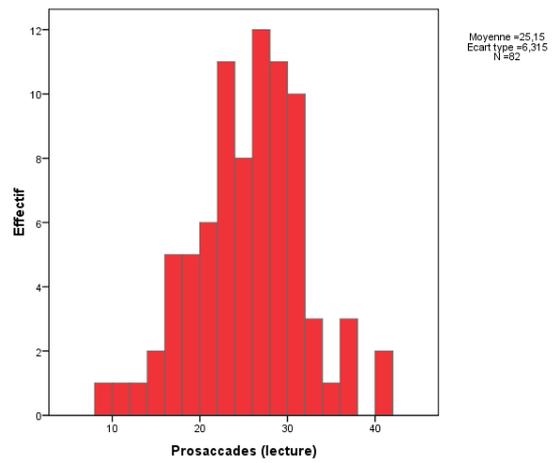
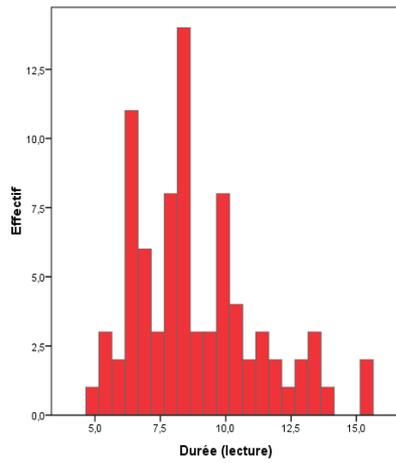
ANNEXE 6.

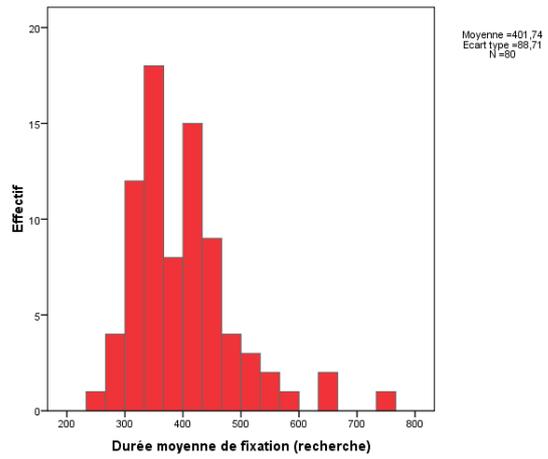
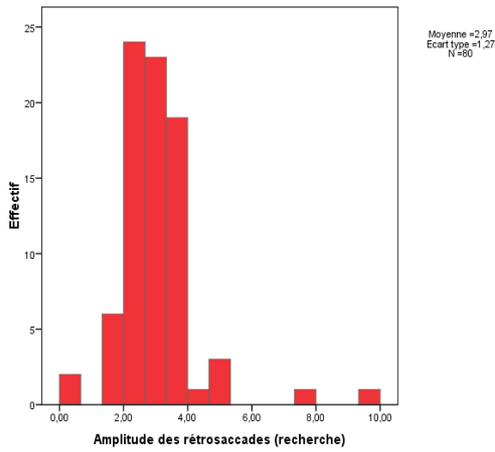
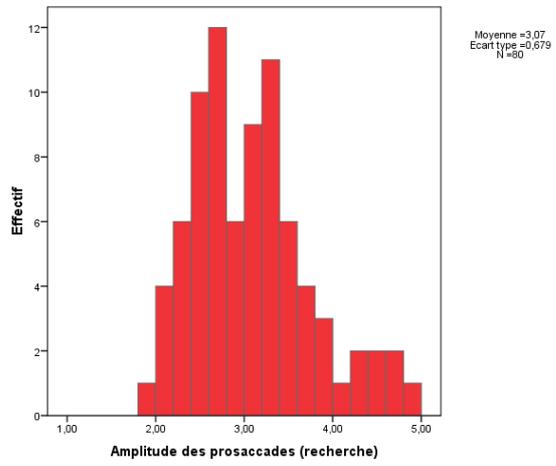
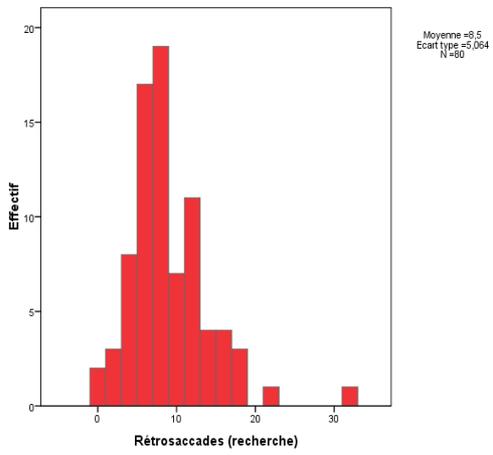
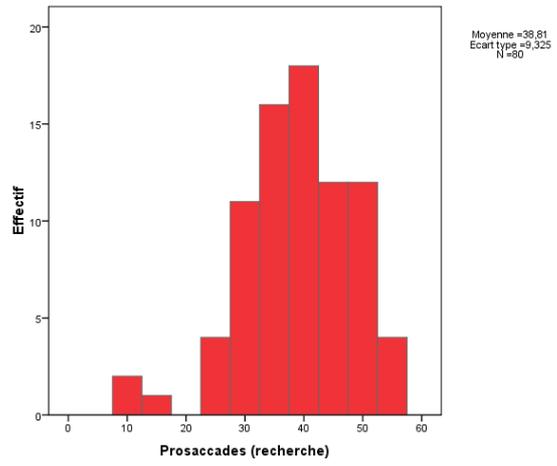
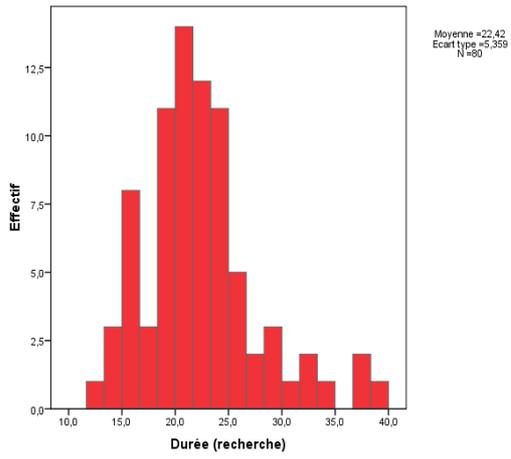
Représentation en histogrammes des données comparatives en lecture de mots (Phonolec) : population contrôle/témoin (N=82) et patients alexiques (N=9) – temps en sec.





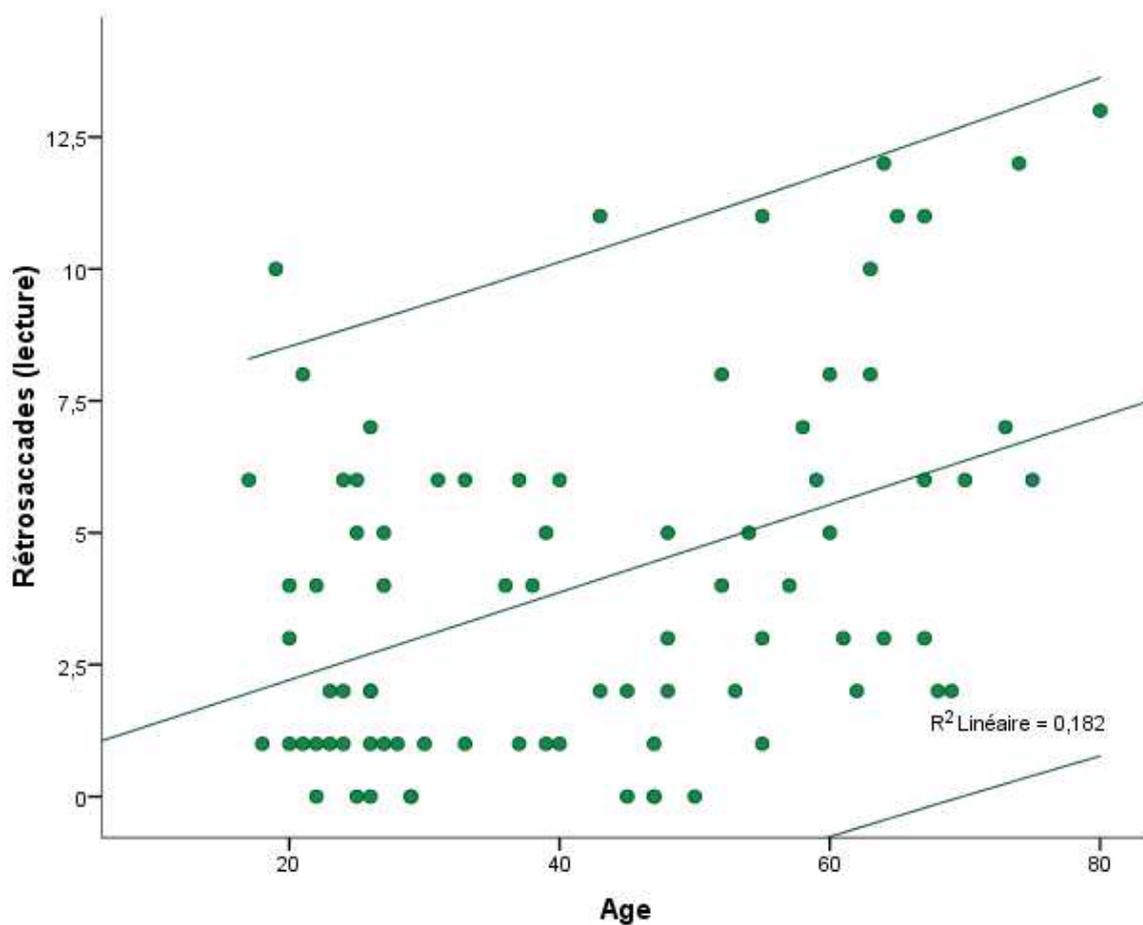
## ANNEXE 7. Distribution des valeurs des paramètres oculomoteurs, population contrôle.





ANNEXE 8.

Corrélation entre l'âge (années) et le nombre de rétro-saccades en lecture, population contrôlée



$R = 0,427$ . La corrélation est modéré même si elle est statistiquement de très forte significativité ( $p < .001$ ).

La part de variance expliquée par l'âge est ici de 18,2% : 18,2% de la variance du nombre de rétro-saccades en lecture est expliquée par les variations de l'âge.

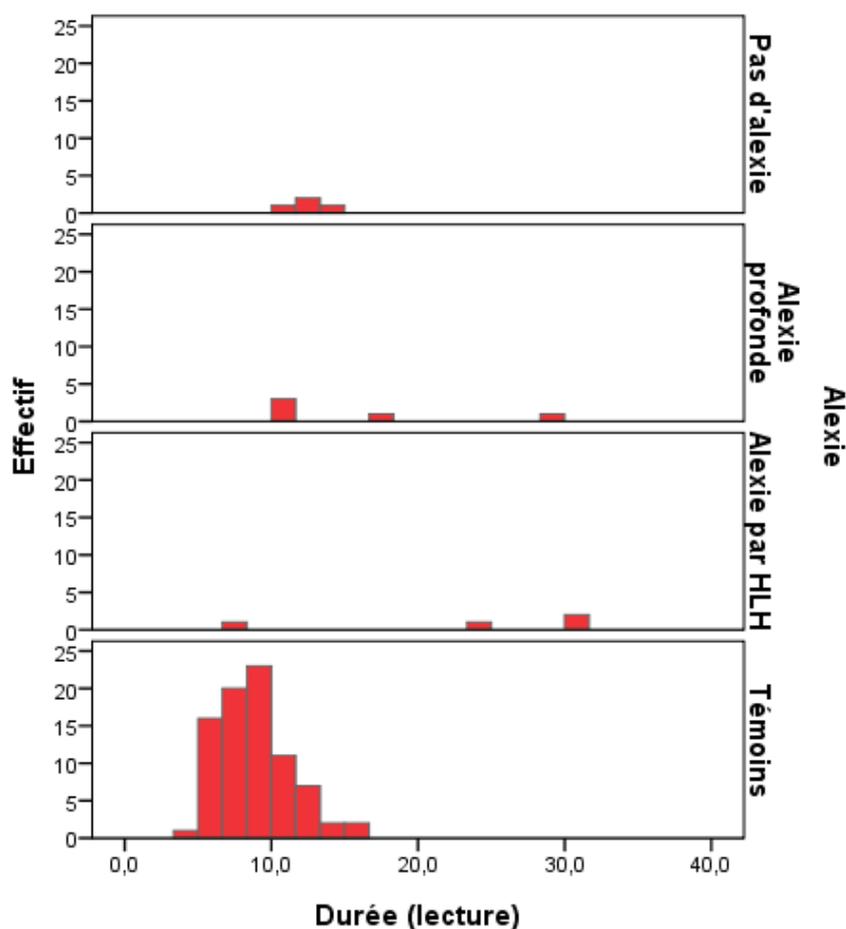
## ANNEXE 9.

Synthèse des caractéristiques cliniques et des troubles de la lecture des 13 patients.

| Patients  | Sexe | Age (années) | NSC | Nb jours post AVC | NIHSS | LAST      | Trouble neurovisuel | Alexie                     |
|-----------|------|--------------|-----|-------------------|-------|-----------|---------------------|----------------------------|
| Mme L.    | F    | 78           | 1   | 2                 |       | 15        | -                   | -                          |
| Mme G.    | F    | 68           | 2   | 10                | 11    | 15        | -                   | -                          |
| M. L.     | M    | 76           | 3   | 11                | 6     | <u>14</u> | -                   | -                          |
| M. P.L.   | M    | 41           | 3   | 3                 | 0     | 15        | -                   | -                          |
| M. P.B.   | M    | 69           | 1   | 5                 |       | <u>14</u> | -                   | centrale profonde          |
| M. B.J.M. | M    | 66           | 2   | 6                 | 15    | <u>12</u> | -                   | centrale profonde          |
| M. J.C.   | M    | 54           | 1   | 13                | 9     | <u>14</u> | -                   | centrale profonde          |
| M. S.     | M    | 47           | 1   | 10                | 5     | <u>13</u> | -                   | centrale profonde          |
| M. C.R.   | M    | 42           | 1   | 5                 | 3     | <u>14</u> | -                   | centrale profonde          |
| M. C.J.B. | M    | 82           | 3   | 4                 | 2     | 15        | HLH gauche          | périphérique hémianopsique |
| M. J.O.   | M    | 56           | 1   | 2                 | 1     | 15        | HLH gauche          | périphérique hémianopsique |
| M. C.L.   | M    | 60           | 2   | 2                 | 5     | 15        | HLH droite          | périphérique hémianopsique |
| M. B.B.   | M    | 66           | 2   | 6                 | 3     | 15        | HLH droite          | périphérique hémianopsique |

## ANNEXE 10.

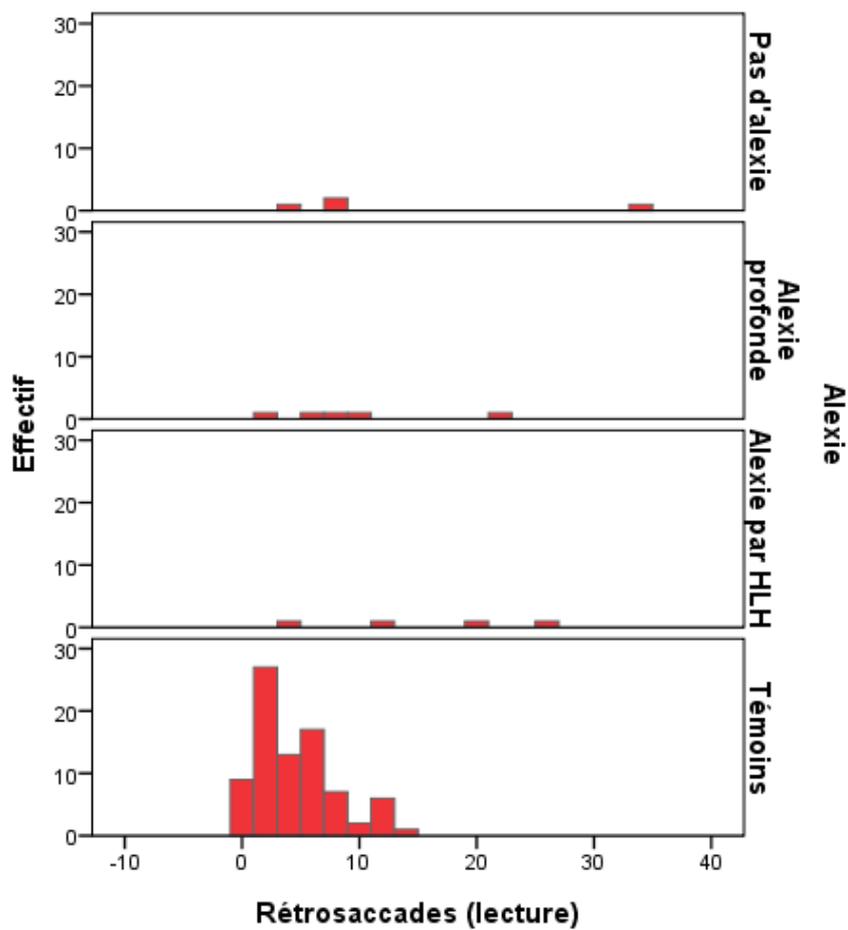
Synthèse graphique : différences significatives des données oculomotrices retrouvées chez les différents sous-groupes de patients, en regard des données de la population contrôle (témoin).



Durée (s.) à l'épreuve de lecture pour l'évaluation des POM

La différence est significative, de forte ou très forte significativité, en regard des performances du groupe contrôle, pour la durée de lecture, chez :

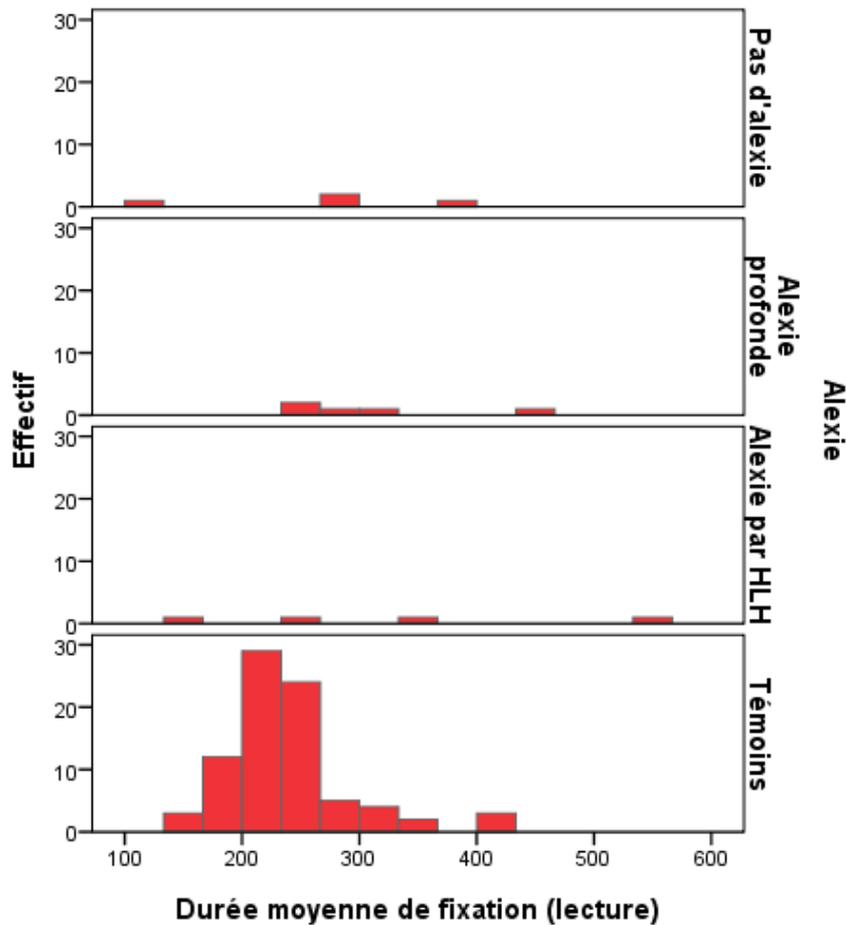
- le groupe des 13 patients AVC ( $p < .001$ ),
- le groupe des 9 patients alexiques ( $p < .001$ ),
- les 5 patients avec alexie centrale profonde ( $p < .01$ )
- les 4 patients avec alexie hémianopsique ( $p = .019$ ,  $p < .05$ ),
- les 4 patients vasculaires non alexiques ( $p = .007$ ,  $p < .01$ ).



Nombre de rétro-saccades à l'épreuve de lecture pour l'évaluation des POM

La différence est de forte ou très forte significativité, en regard des performances du groupe contrôle, pour le nombre de rétro-saccades en lecture, chez :

- le groupe des 13 patients AVC ( $p < .001$ ),
- le groupe des 9 patients alexiques ( $p < .01$ ),
- les 4 patients avec alexie hémianopsique ( $p < .01$ ).



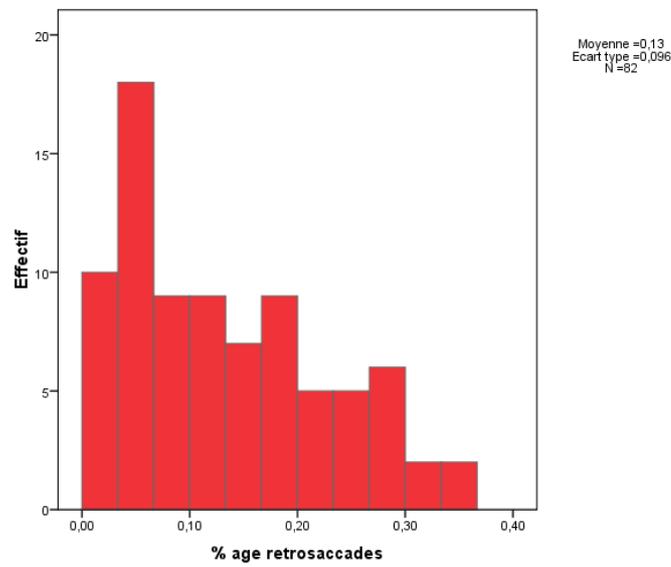
Durée moyenne des fixations (ms) à l'épreuve de lecture pour l'évaluation des POM

La différence est significative, ou de forte significativité, en regard des performances du groupe contrôle, pour la durée moyenne des fixations en lecture, chez :

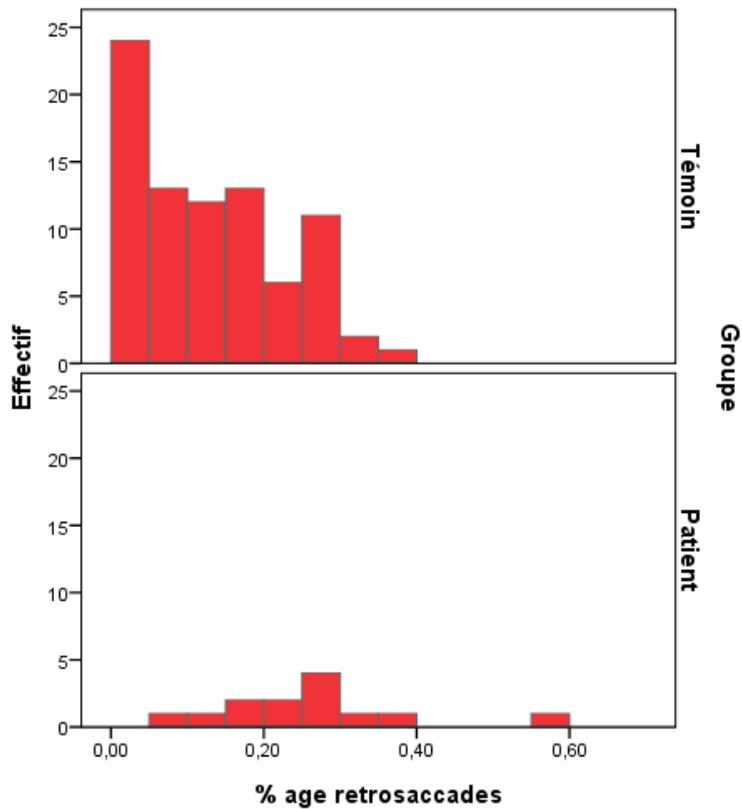
- le groupe des 9 patients alexiques ( $p < .01$ ),
- les 5 patients avec alexie centrale profonde ( $p < .05$ ).

ANNEXE 11.

Proportions de rétro-saccades : population contrôle et groupe de patients AVC.



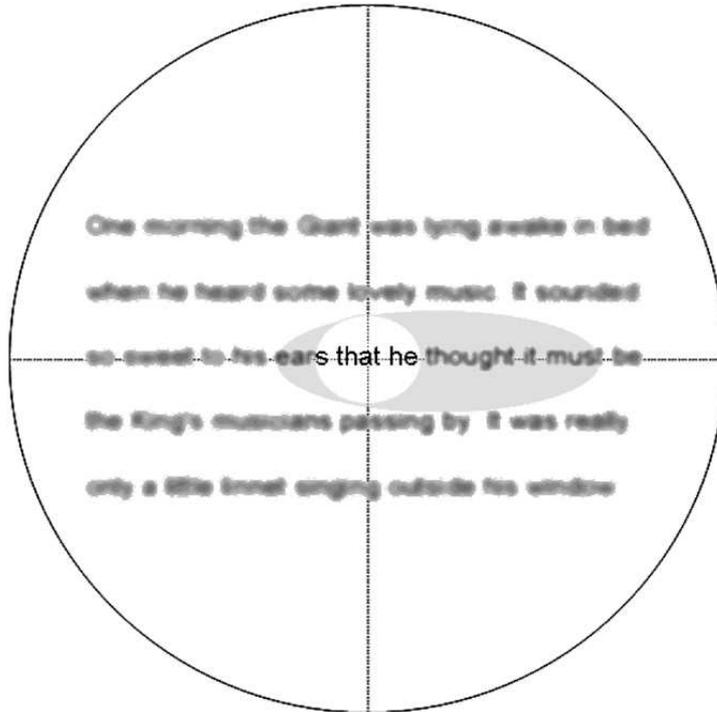
Proportions de rétro-saccades : population contrôle (témoins, N=82)



Proportions de rétro-saccades : population contrôle (témoins, N=82) ; patients AVC (N=13)

ANNEXE 12.

Illustrations schématiques du champ visuel et de l'empan de perception en lecture :  
lecteurs normaux, alexies par HLH droite et par HLH gauche. (extrait des travaux de Schuett, S., Heywood, C.A., Kentridge, R.W., Zihl, J. (2008 b). The significance of visual information processing in reading: Insights from hemianopic dyslexia. *Neuropsychologia* 46 : pp.2441-2458)

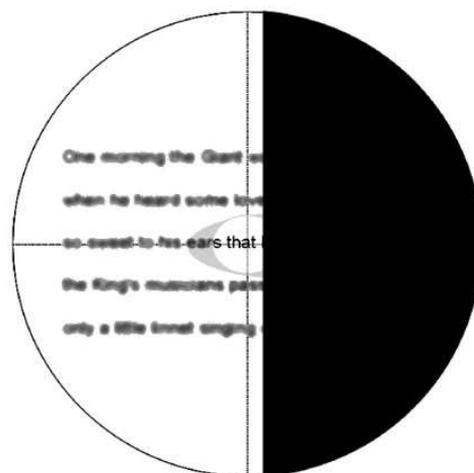


Lecteur sans HLH

**Left Sided Field Loss**

**Right Sided Field Loss**

(A)



Lecteur avec HLH gauche, lecteur avec HLH droite

---

**Résumé:** ÉTUDE CLINIQUE OCULOMOTRICE EN LECTURE: NORMALISATION ADULTE, VALIDATION SUR UNE POPULATION ALEXIQUE PAR AVC

La lecture implique l'intégrité des traitements cognitifs et visuo-moteurs. La recherche a beaucoup exploré les premiers, moins l'oculomotricité. A la suite de lésions vasculaires, des perturbations des paramètres oculomoteurs peuvent interférer sur la lecture. Notre objectif était double: réaliser des normes et des seuils pour les performances et pour l'oculomotricité en lecture chez l'adulte ; enfin, valider ces résultats en étudiant et en comparant, chez des patients en phase aigüe d'AVC, les profils oculomoteurs perturbés dans les alexies centrales et périphériques. De nouveaux outils d'eye-tracking permettent l'analyse poussée de l'oculomotricité. Avec cet appareillage nous avons recueilli les données de 82 sujets contrôle et de 13 patients AVC. Les résultats indiquent que les sujets alexiques présentent des particularités oculomotrices en lecture par rapport au groupe contrôle. Si les deux groupes présentaient une certaine lenteur, les patients souffrant d'alexie centrale présentaient aussi des durées de fixation dont l'accroissement était significatif. Les perturbations du champ visuel des patients atteints d'alexie par HLH les amenait quant à eux à faire davantage de rétro-saccades. Ce paramètre semble être plus sensible que les autres. Il est révélateur de troubles de la lecture. Les perturbations oculomotrices chez les patients ayant fait un AVC appuient l'idée qu'il est opportun, pour mettre en place une rééducation adaptée, d'évaluer d'une part l'étendue du champ visuel lésé, et d'autre part les paramètres comparés d'oculomotricité en recherche visuelle et en lecture.

Mots clé: lecture, alexie, désordres oculomoteurs, AVC, eye-tracker.

Pages: 55. Références bibliographiques: 73.

---

**Abstract:** OCULOMOTOR CLINICAL STUDY IN READING: STANDARDIZATION FOR ADULTS AND VALIDATION ON ALEXIC PATIENTS WITH STROKE

Linguistic and oculomotor abilities are required in reading but have so far been underexplored as research was focused on the cognitive aspects. Eye movement disorders in reading can occur in patients with stroke. Our goals were twofold: building normative data for adults, means and cut-offs, for reading performance and for oculomotor patterns while reading; then making a comparative study with patients with central or peripheral acquired dyslexia after stroke. Latest eye-tracking systems allow very precise oculomotor analysis. With such devices we performed data extraction on 82 controls and 13 patients with acute stroke. The results indicate that alexic patients have oculomotor specificities in reading compared to the control group. All have shown slow reading speed. Furthermore, whereas patients suffering from central alexia showed significant increase in gaze duration, the patients with hemianopic alexia revealed a high number of regressive saccades. This particular parameter seems to be more sensitive than others and may be used to reveal reading issues. Eye movement disorders in stroke patients show the importance of assessing both damage in the visual field and eye-tracking oculomotor parameters in visual search and in reading, prior to implementing a specific rehabilitation program.

Key words: reading, acquired dyslexia, eye movement disorders, stroke, eye-tracker.