



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

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



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



**N° de mémoire 2269**

Mémoire d'Orthophonie

présenté pour l'obtention du

**Certificat de capacité d'orthophoniste**

Par

**KOPP Tiffany**

**Evaluation de l'efficacité d'un outil visant l'aspect visuel dans la  
dyslexie développementale**

Etude de cas multiples

Mémoire dirigé par

**PISELLA Laure  
VIALATTE Audrey  
WITKO Agnès**

Année académique

**2021-2022**

**INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE READAPTATION**

**DEPARTEMENT ORTHOPHONIE**

Directeur ISTR

**Jacques LUAUTÉ**

**Equipe de direction du département d'orthophonie**

Directeur de la formation

**Agnès BO**

Coordinateur de cycle 1

**Claire GENTIL**

Coordinateur de cycle 2

**Solveig CHAPUIS**

Responsables de l'enseignement clinique

**Claire GENTIL**

**Johanne BOUQUAND**

**Ségolène CHOPARD**

**Alice MICHEL-JOMBART**

Responsables des travaux de recherche

**Mélanie CANAULT**

**Floriane DELPHIN-COMBE**

**Claire GENTIL**

**Nicolas PETIT**

Responsable de la formation continue

**Johanne BOUQUAND**

Responsable du pôle scolarité

**Rachel BOUTARD**

Secrétariat de scolarité

**Anaïs BARTEVIAN**

**Constance DOREAU-KNINDICK**

# UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1

Président  
**Pr. FLEURY Frédéric**

Vice-président CFVU  
**Pr. CHEVALIER Philippe**

Vice-président CA  
**Pr. REVEL Didier**

Vice-président CS  
**M. VALLEE Fabrice**

Directeur Général des Services  
**M. VERHAEGHE Damien**

## **1 Secteur Santé**

U.F.R. de Médecine Lyon Est Doyen  
**Pr. RODE Gilles**

Institut des Sciences Pharmaceutiques et  
Biologiques  
Directeur **Pr. DUSSART Claude**

U.F.R. de Médecine et de maïeutique  
Lyon-Sud Charles Mérieux Doyenne  
**Pr. BURILLON Carole**

Institut des Sciences et Techniques de la  
Réadaptation (I.S.T.R.)  
Directeur **Pr LUAUTÉ Jacques**

U.F.R. d'Odontologie  
Directeur **Pr. MAURIN Jean-  
Christophe**

## **2 Secteur Sciences et Technologie**

U.F.R. Faculté des Sciences  
Directeur **M. ANDRIOLETTI Bruno**

Institut des Sciences Financières et  
d'Assurance (I.S.F.A.)  
Directeur **M. LEBOISNE Nicolas**

U.F.R. Biosciences  
Directrice **Mme GIESELER Kathrin**

Observatoire Astronomique de Lyon  
Directeur **Mme DANIEL Isabelle**

U.F.R. de Sciences et Techniques des  
Activités Physiques et Sportives  
(S.T.A.P.S.)  
Directeur **M. BODET Guillaume**

POLYTECH LYON  
Directeur **M. PERRIN Emmanuel**

Institut National Supérieure du  
Professorat et de l'Éducation (INSPÉ)  
Directeur **M. CHAREYRON Pierre**

Institut Universitaire de Technologie de  
Lyon 1 (I.U.T. LYON 1)  
Directeur **M. MASSENZIO Michel**

## **Abstract français**

Dans le contexte de trouble complexe qu'est la dyslexie, des lunettes au scintillement rapide ont été proposées, dans le but d'améliorer la perception visuelle des lettres et de ce fait, la lecture. Pourtant, face à l'étendue des compétences requises dans l'apprentissage de la lecture et la diversité inter-individuelle dans ce trouble (e.g. comorbidités, profils cognitifs), il semble que l'outil ne pourrait convenir à tous les profils ni résoudre sous tous leurs aspects les déficits en lecture. Il serait peut-être un moyen de compenser la perception d'images miroir, comme rapporté par ses auteurs (Le Floch & Ropars, 2017), lesquelles seraient persistantes tardivement chez des dyslexiques. Ces dernières seraient à mettre en lien avec un défaut de connectivité entre les voies de traitement visuel dorsale et ventrale qui est rapporté dans la littérature chez les dyslexiques aux troubles visuo-attentionnels et qui entraverait la spécialisation de l'aire de la forme visuelle des mots dans la perception des symboles orientés culturellement, comme les lettres. Toutefois, les lunettes sont proposées sous peu de preuves. Aussi, il s'agissait de savoir sur quel(s) aspect(s) de la lecture elles auraient un effet, selon les profils. Une étude de cas multiples a été menée sur 5 sujets devant lire 4 textes équivalents et 12 listes de mots créées et appariées en fréquence, longueur et consistance, en ordre randomisé. L'outil a été présenté en traitement alterné pour contrôler son effet : un traitement OFF, ou lunettes éteintes pour placebo, un traitement ON, ou lunettes allumées, réglées. La précision et la vitesse étaient mesurées. Dans les conditions de l'étude menée, les résultats ne vont pas dans le sens d'une amélioration pour ces sujets qui ne présentent peut-être pas les bons profils. D'autres hypothèses sur leur fonctionnement sont formulées dans une démarche d'EBP pour répondre au besoin de preuves des orthophonistes.

### **Mot clefs**

Dyslexie développementale ; lunettes ; images miroir ; visuo-attentionnel ; aire de la forme visuelle des mots ; lecture ; étude de cas multiple

## **Abstract anglais**

In the context of the complex disorder that is dyslexia, rapidly flickering glasses have been proposed to improve visual perception of letters and thus reading. However, given the extent of the skills required to learn to read and the inter-individual diversity in this disorder (e.g. comorbidities, cognitive profiles), it seems that the tool would not be suitable for all profiles nor would it resolve all aspects of reading deficits. It could be a means of compensating for the perception of mirror images, as reported by its authors (Le Floch & Ropars, 2017), which would be persistent late in dyslexics. The latter would be linked to a connectivity defect between the dorsal and ventral visual processing pathways which is reported in the literature in dyslexics with visuo-attentional disorders and which would hinder the specialization of the visual word form area in the perception of culturally oriented symbols, such as letters. However, the glasses are put forward with little evidence. Therefore, the question was to know on which aspect(s) of reading they would have an effect, depending on the profiles. A multiple case study was conducted on 5 subjects who had to read 4 equivalent texts and 12 word lists created and matched in frequency, length and consistency, in randomized order. The tool was presented in alternating treatments to control its effect : an OFF treatment, or glasses off as placebo, an ON treatment, or glasses on, set. Accuracy and speed were measured. Under the conditions of the study conducted, the results do not point to an improvement for these subjects who may not have the right profiles. Further hypotheses about their functioning are formulated in an EBP approach to address the need for evidence from speech-language pathologists.

### **Keywords**

Developmental dyslexia ; glasses ; mirror image ; visuo-attentional ; visual word form area ; reading ; multiple case study

## Remerciements

Ce travail est le fruit d'une équipe d'explorateurs et de passionnés, ainsi que de nombreux soutiens.

Merci au trio robuste : Agnès, Audrey et Laure pour le voyage incroyable mené jusque-là. Vous avez recueilli une étudiante se questionnant sur le visuel dans la dyslexie, une bizarrerie dans le cursus ! Mais les questions ne doivent pas rester sans réponses et je vous remercie d'avoir su me guider dans les méandres des publications les plus complexes. Le chemin de ma réflexion est bien entamé pour la suite. Merci à toutes les trois d'avoir su me rassurer, de m'avoir rappelé mes forces et encouragée. Merci à vous Agnès d'avoir pu ramener ma tête en orthophonie, à vous Laure et Audrey d'avoir pris le temps de clarifier les trésors découverts dans nos lectures.

Merci Eric pour le soutien sur la méthodologie dans une vraie course contre la montre. Il est des enseignants qui donne de leur temps, pourtant chargé, ne serait-ce que pour prendre en compte la fatigue, la peur, cinq minutes et transformer ça en espoir, redonner la confiance et des pistes plus claires.

Merci Paul, mon soutien de tous les jours. Tu m'as épaulée sans condition dans ces dernières années d'étude si chargées. J'avais peur que nous ne soyons plus après tout ça ! Tu as tenu ce rôle vaillamment, tout en construisant avec moi notre amour et notre nid à deux. Merci pour ce bonheur en flot continu auquel j'ai pu m'abreuver. Tu as été une vraie source de fraîcheur. Merci à ma famille, papa, maman, Rémy, Yoann. Comme Paul cette année, je vous ai fait à n'importe quelle heure des tartines de mes doutes, au quotidien. Merci pour le soutien sous toutes ses formes, je vous aime très fort et je suis ravie d'avoir traversé ça à vos côtés, au téléphone, en face à face ou par quelques blagues en sms... Merci de votre présence dans cette quête ! Sans vous, je me serai arrêtée bien épuisée. Je suis fatiguée, mais c'est terminé... et accompli ! En plus je peux ajouter le tricot à mon arc (merci Ana).

Merci à mes soutiens discrets du quotidien, les amies de promotion (Camille et Sara pour la tête froide et les pauses accordées, Eléonore, Claire, les Chloé, Solédane, Isabelle, Marion, Aline) les amis d'un peu loin (Clément, Victoria, Nahoum, Célia et ma très chère Coralie), Isabelle et Pierre pour l'accueil volontiers et les encouragements, et les copains de jeu (Niels, Sara, Maxime, Stéphane, Léandre...).

Vous êtes tous des joyaux.

## Sommaire

|     |  |    |
|-----|--|----|
| I   | Partie théorique .....   | 1  |
| 1   | Axe comportemental .....   | 1  |
| 1.1 | Apprentissage de la lecture .....  | 1  |
| 1.2 | Profil par procédure psycholinguistique.....                                 | 2  |
| 2   | Axe cognitif .....   | 3  |
| 2.1 | Trouble phonologique.....  | 4  |
| 2.2 | Troubles visuo-attentionnels .....   | 5  |
| 3   | Axe neuroanatomique.....   | 7  |
| 3.1 | Structures cérébrales des troubles cognitifs.....                            | 7  |
| 3.2 | Structures cérébrales du traitement visuel : voie ventrale et voie dorsale.. | 8  |
| 3.3 | Images miroirs dans la dyslexie .....  | 9  |
| 4   | Des lunettes pour pallier le trouble de traitement visuel ?.....             | 10 |
| II  | Méthode .....  | 12 |
| 1   | Population.....  | 12 |
| 2   | Matériel .....   | 12 |
| 2.1 | Evaluation de la dyslexie et des compétences phonologiques et VA.....        | 12 |
| 2.2 | Evaluation de l'effet des lunettes.....                                      | 13 |
| 3   | Procédure .....  | 16 |
| III | Résultats .....  | 17 |
| 1   | Caractérisation des profils .....  | 17 |
| 1.1 | Evaluation de la lecture .....   | 17 |
| 1.2 | Evaluation des fonctions cognitives associées sous-jacentes.....             | 18 |
| 1.3 | Carton troué .....   | 18 |
| 2   | Evaluation de l'effet des lunettes .....                                     | 18 |
| 2.1 | Sujet 1 .....  | 19 |
| 2.2 | Sujet 2 .....  | 19 |



|     |   |    |
|-----|---|----|
| 2.3 | Sujet 3 .....   | 20 |
| 2.4 | Sujet 4 .....   | 20 |
| 2.5 | Sujet 5 .....   | 20 |
| 2.6 | Résultats globaux.....  | 21 |
| 3   | Types de mots .....   | 22 |
| 4   | Test de l'équivalence des listes .....                            | 22 |
| IV  | Discussion .....  | 22 |
| 1   | Recontextualisation.....  | 22 |
| 2   | Discussion des résultats : <i>statu quo</i> des hypothèses.....   | 23 |
| 2.1 | Effets en lecture (H2) .....                                      | 23 |
| 2.2 | Effets selon le profil (H1 et H2) .....                           | 24 |
| 2.3 | Types de mots (H3).....   | 25 |
| 3   | Limites et perspectives .....                                     | 26 |
| 3.1 | Critique de la recherche menée et suggestions d'ajustements ..... | 26 |
| 3.2 | Perspectives en clinique.....                                     | 29 |
| V   | Conclusion.....   | 31 |
|     | Références .....  | 32 |
|     | Annexes.....  |    |

## I Partie théorique

La dyslexie développementale touche 5 à 8% de la population mondiale (Habib, 2018) et peut affecter l'ensemble des apprentissages, la vie sociale et le comportement (Inserm, 2007). Elle consiste en un trouble de la reconnaissance rapide et précise des mots qui impacte l'acquisition et/ou la maîtrise de la lecture (Chaix, 2017, p. 13; Lyon et al., 2003). Dans le DSM-5 (American Psychiatric Association et al., 2015) et d'après une synthèse de Chaix et al. (2017), elle est un trouble spécifique des apprentissages en lecture pouvant être associé à des difficultés de compréhension et constitue un trouble neurodéveloppemental avec déficit de certains processus cognitifs. Elle est souvent associée de comorbidités telles que les troubles du langage oral, de l'attention et de la coordination (Da Fonseca, 2018; Habib, 2018; Mazeau et al., 2021a; McGrath & Stoodley, 2019; S. Shaywitz et al., 2017). Pour l'heure, l'étiologie de la dyslexie n'est pas clairement identifiée et pourrait être multiple. Plusieurs hypothèses sont en effet avancées et seront développées selon trois axes à prendre en compte dans la caractérisation de ce trouble : manifestations comportementales, déficits cognitifs et substrat neuroanatomique (Mazeau et al., 2021b; Witko, 2018). L'intérêt sera ensuite porté sur un outil proposé récemment pour la population dyslexique.

### 1 Axe comportemental

#### 1.1 Apprentissage de la lecture

Différents modèles proposent une description de l'acquisition de la lecture. Le modèle à double voie ou DRC (Dual Route Cascaded) (Coltheart et al., 2001) décrit une voie sous lexicale, qui permet le décodage, et une voie lexicale, qui permet de reconnaître tous les mots qui ont été préalablement mémorisés. Le décodage correspond au déchiffrement des graphèmes en phonèmes, ou des lettres en sons et demande l'apprentissage du code culturellement admis en mémorisant des règles de conversion strictes (Mazeau et al., 2021b; Snowling & Hulme, 2012). Le modèle en triangle proposé par Seidenberg et McClelland (1989) fait état d'un apprentissage dynamique : après avoir perçu la forme orthographique du mot, l'apprenti lecteur prend en compte la différence entre la forme phonologique générée et celle attendue. Les connexions du réseau sont modifiées à chaque nouvelle exposition aux mots, jusqu'à extraire les régularités de la langue, c'est-à-dire les correspondances graphème-phonème (CGP) les plus fréquentes. En complément, le modèle multitraces (Ans et al., 1998) implique la mémoire pour encoder cette association des lettres aux sons, avec un renforcement

progressif des connexions. Le codage est multitraces car un même couple est encodé de manière différente chaque fois que le mot est rencontré dans des contextes distincts, avec d'autant plus de traces en mémoire que le mot est fréquent. D'après le modèle développemental de Frith (1985), la combinaison du déchiffrage et de la sélection d'une représentation orthographique du mot permet l'apprentissage de la lecture, se faisant alors par l'utilisation d'une stratégie alphabétique. Le lecteur va identifier par décodage des nouveaux mots, aux CGP stables, les mots réguliers (Pacton & Afonso Jaco, 2015). Il pourra également lire des mots irréguliers (monsieur, femme), qui ne respectent pas cette correspondance la plus fréquente (Pacton & Afonso Jaco, 2015). Avec la stratégie alphabétique, les mots irréguliers seront lus par CGP et corrigés s'ils sont reconnus par référence au lexique oral (Pacton & Afonso Jaco, 2015; Witko, 2018) ou compris dans le contexte de la phrase (Mazeau et al., 2021b) (femme lu « féme » et corrigé « fame »), rappelant le modèle dynamique en triangle. Mais cette stratégie peut conduire à des erreurs sur les mots irréguliers. Aussi, les enfants adoptent la stratégie orthographique, plus efficace en lecture, qui permet une reconnaissance globale des mots (Frith, 1985; Pacton & Afonso Jaco, 2015). Cela conduit à une diminution de l'effet de longueur, puisque les mots connus sont lus aussi vite, qu'ils soient courts ou longs (Meyniel, 2020). Ce procédé prendra une part de plus en plus importante tout au long de l'acquisition de l'expertise. Mais les mots peu fréquents, comme les mots nouveaux ou peu mémorisés, pourront faire l'objet d'un déchiffrage qui sera complet, ou simplement partiel s'ils sont déchiffrés en partie et rapidement identifiés (Ans et al., 1998). Tout cet apprentissage requiert des compétences langagières (Catts, 2018; Écalle & Magnan, 2021a; Pacton & Afonso Jaco, 2015), attentionnelles, mnésiques (mémoire verbale à court terme et mémoire de travail) ainsi que visuelles et oculomotrices (Écalle & Magnan, 2021b, 2021c; Jacquier-Roux et al., 2005; Kolinsky et al., 2014; Witko, 2018).

## **1.2 Profil par procédure psycholinguistique**

Le modèle DRC et d'autres (Ans et al., 1998; Coltheart et al., 2001; Valdois et al., 2009) tentent d'analyser les dysfonctionnements en lecture (Leloup, 2018; Phénix et al., 2016). La dichotomie des procédures lexicale et sous-lexicale est testée en clinique par une lecture de mots ou de pseudo-mots. Néanmoins, l'association de l'atteinte distincte de ces deux procédures respectivement à une dyslexie visuo-attentionnelle (VA), trouble spécifiquement visuel, ou dyslexie phonologique, trouble spécifiquement

langagier, tend à évoluer. En effet, ce classement explique difficilement la prédominance des profils mixtes de lecteurs, caractérisés par une atteinte de la lecture à la fois des mots irréguliers et des pseudo-mots (Zoubrinetzky et al., 2014). La dichotomie du modèle DRC, remise en question, consiste à présenter les dyslexiques phonologiques comme ayant une atteinte de la lecture des pseudo-mots, expliquée par une atteinte de la voie sous-lexicale, le décodage, ou par une utilisation préférentielle de la voie lexicale, la reconnaissance orthographique. Les pseudo-mots seraient lexicalisés, c'est-à-dire transformés en mots connus, et des mots seraient substitués par des formes morphologiquement ou visuellement proches (Launay et al., 2018). Pour les dyslexies VA, il s'agirait d'une atteinte de la lecture des mots irréguliers, due à un dysfonctionnement de la voie lexicale ou d'une utilisation préférentielle de la voie sous-lexicale, avec des régularisations, c'est-à-dire l'utilisation à tort de la CGP stricte (« fême » pour femme). Le modèle multitraces (Ans et al., 1998) montre qu'il s'agirait plutôt de procédures complémentaires que de voies distinctes. En effet, la plupart des pseudo-mots seraient lus via la procédure sous-lexicale (ou analytique), par décodage, mais la probabilité de les traiter par la procédure lexicale (ou globale) augmenterait avec le nombre de voisins orthographiques, par reconnaissance de formes orthographiques dans les pseudo-mots. Un très haut niveau de performance en lecture de pseudo-mots pourrait être atteint en l'absence de procédure sous-lexicale. En outre, comme décrit plus haut, les mots sont lus par combinaison de ces procédures (Ans et al., 1998). Cet entremêlement des traitements mène au constat que les erreurs en lecture ne signent pas clairement l'atteinte d'une procédure et qu'il est nécessaire de prendre en compte d'autres données dans l'établissement du profil dyslexique (Phénix et al., 2016). Par ailleurs, ces erreurs ne sont pas propres à la dyslexie puisqu'elles sont commises par les normolecteurs, mais elles sont faites en plus grand nombre et perdurent plus longtemps chez les dyslexiques (Critchley, 1968). Aussi, il est intéressant de déterminer des profils de lecture selon le nombre d'erreurs ou précision et selon la vitesse en lecture (Chaix, 2017; Goldstein-Marcusohn et al., 2020; Jednoróg et al., 2014; Launay et al., 2018; Lovett, 1984; Lyon et al., 2003; Shany & Breznitz, 2011).

## **2 Axe cognitif**

La dyslexie chez l'enfant peut être associée à des déficits cognitifs qui peuvent éclairer la compréhension des manifestations en lecture et qui sont à prendre en compte dans

l'établissement du profil (Chaix, 2017). Zoubrinetzky et al. (2014) ont examiné les troubles sous-jacents de 71 dyslexiques mixtes, sélectionnés dans l'étude pour leurs mauvaises performances en précision et rapidité sur des mots irréguliers et sur des pseudo-mots. L'étude consistait à explorer si différents sous-groupes pouvaient être identifiés sur la base d'un profil cognitif, au sein d'une population homogène de profils de dyslexie mixte. Les résultats montrent que 66% des enfants qui présentent une dyslexie mixte souffrent d'un trouble cognitif isolé : 32% présentent un trouble phonologique isolé, testé par des tâches de conscience phonologique, et 34% un déficit VA isolé, testé par l'empan visuo-attentionnel (EVA défini dans le chapitre 2.2). D'autres sujets présentent un double trouble (17%) et 17% ne présentaient aucun de ces troubles sous-jacents. Les atteintes dans les procédures en lecture au niveau comportemental sont donc à dissocier des troubles cognitifs sous-jacents (Launay, 2018; Zoubrinetzky et al., 2014). Les principaux troubles cognitifs recensés dans la dyslexie sont les déficits phonologiques, visuels, auditifs et moteurs (Casalis et al., 2019b). Seuls les troubles phonologique et visuo-attentionnels seront développés.

## **2.1 Trouble phonologique**

Le trouble phonologique regroupe plusieurs déficits. Tout d'abord, il comprend un déficit de la conscience phonémique (Swan & Goswami, 1997; Wagner & Torgesen, 1987). Celle-ci correspond à la sensibilité aux unités phonémiques et syllabiques et à la capacité de les manipuler c'est-à-dire les identifier, compter, supprimer, inverser (Casalis et al., 2019b). Ensuite, le trouble peut s'exprimer par un déficit de l'accès au code phonologique qui se manifeste par une connexion dysfonctionnelle entre les zones du langage, diminuant l'efficacité de l'accès aux représentations phonologiques ce qui entrave la capacité de manipulation des unités (Boets et al., 2013). Enfin, il peut s'agir d'un déficit de la mémoire de travail ou de la mémoire à court terme verbale (Sprenger-Charolles & Colé, 2013, p. 174), nécessaires lors du décodage en lecture pour retenir l'ordre des unités phonémiques et les fusionner (Majerus & Cowan, 2016; Ramus & Szenkovits, 2008). Le trouble phonologique impacte l'apprentissage en lecture par atteinte du stockage, de la manipulation et de la récupération des informations phonologiques (Knoop-van Campen et al., 2018). Il est présent chez des enfants dyslexiques comparativement à des normolecteurs du même âge de lecture (Bradley, 1985; Olson et al., 1985, 1989; Swan & Goswami, 1997) et ce même avant l'apprentissage de la lecture (Carroll et al., 2016). Il n'est donc pas dû à un manque

d'expertise en lecture ni à un mauvais apprentissage, mais bien pré-existant et propre à la dyslexie (Casalis et al., 2019b). Il est par ailleurs durable car il se retrouve chez les sujets adultes (Gallagher et al., 1996; Martin et al., 2010) et il est présent peu importe la langue, mais d'autant plus important que l'orthographe est opaque (Landerl et al., 2013).

## **2.2 Troubles visuo-attentionnels**

Bien que le trouble phonologique soit présent chez de nombreux dyslexiques, il n'est parfois pas observé (Provazza et al., 2019; Ramus, 2018). Cela a été montré dans des études évaluant les troubles sous-jacents d'enfants dyslexiques d'un âge moyen de 11 ans, français et anglais (Bosse et al., 2007; Zoubrinetzky et al., 2016). Les performances VA sont déficitaires, sans trouble phonologique associé pour 44% des 68 Français et 34,5% des 29 Anglais de la première étude (Bosse et al., 2007), et pour 32% des 63 enfants français de la seconde étude (Zoubrinetzky et al., 2016). Bien que la lecture soit une activité en partie visuelle, ces troubles VA observés ne sont pas un déficit d'acuité visuelle mais plutôt des atteintes du traitement visuel cortical et de l'attention visuelle, à différencier d'un trouble plus global de l'attention (Valdois, 2018). Le trouble VA le plus référencé est le déficit d'empan visuo-attentionnel (EVA). Cet empan renvoie au nombre d'éléments visuels distincts pouvant être identifiés simultanément (Bosse et al., 2007). Dans le modèle multitraces (Ans et al., 1998), il correspond à la fenêtre visuo-attentionnelle (Phénix et al., 2016) définie par le nombre de lettres identifiées à chaque fixation. Elle détermine selon sa taille l'utilisation préférentielle de la procédure globale ou analytique (Ans et al., 1998) : si la fenêtre permet de voir le mot complet, alors le traitement est global, l'ensemble des lettres de la séquence orthographique est traité simultanément et la sortie phonologique est générée en une seule étape. A l'inverse, si la fenêtre est trop petite pour traiter le mot en entier, le mode analytique entre en jeu, avec un traitement par unités plus courtes que le mot. La lecture des mots et des pseudo-mots peut être altérée si le lecteur ne peut traiter simultanément plusieurs lettres (Ans et al., 1998; Bosse et al., 2007; Phénix et al., 2016; Valdois, 2014). Des réductions d'EVA sont présentes chez des enfants dyslexiques comparés à des normolecteurs du même âge de lecture (Bosse & Valdois, 2003; Zoubrinetzky et al., 2014). Elles sont prédictives d'un mauvais apprentissage en lecture (Bosse & Valdois, 2009; Carroll et al., 2016; Lobier, Zoubrinetzky, et al., 2012; van den Boer et al., 2013).

D'autres formes de troubles VA sont décrites dans la dyslexie. Comme on peut le voir dans des tâches de recherche visuelle d'une cible parmi des distracteurs, le traitement VA semble impacté pour des symboles (items complexes constitués de combinaisons de traits, comme les lettres) à chercher parmi des distracteurs qui diffèrent au niveau de la place des traits les constituant, soit de la relation spatiale de leurs traits constitutifs (Casco & Prunetti, 1996). En revanche, les dyslexiques sont aussi rapides que les normolecteurs lorsqu'il s'agit de chercher des formes simples (traits parmi d'autres orientés différemment ou objets pleins se distinguant par leur couleur ou leur orientation). Une illustration de ces items simples et complexes est disponible en annexe A. Cette lenteur de recherche visuelle pour les symboles est mise en lien avec le fait que près de 60% des 37 sujets ayant un trouble spécifique des apprentissages dans l'étude de Pisella et al. (2021) présentent une performance fragile (en dessous de l'interquartile) au test de perception visuo-spatiale élémentaire, PVSE (Pisella et al., 2013, 2020). Ce test évalue la précision du traitement visuel des relations spatiales (e.g. angles, jugement de milieu, position relative). Une fragilité de traitement visuo-spatial impacterait le traitement des items complexes en produisant une incertitude de traitement de la position des items les uns par rapport aux autres et de celle de leurs traits constitutifs. Cette atteinte pourrait aussi être la cause d'une difficulté de traitement visuel de séquences de lettres et de la réduction de l'EVA (Vialatte, Yeshurun, et al., 2021). En effet, l'identification simultanée de plusieurs lettres est rendue difficile par l'incertitude de position de chacun des traits constituant les lettres pouvant apparaître « flottants », rendant également incertaine leur attribution à l'une ou l'autre lettre, alors « brouillée ». Chez une adulte présentant une atteinte neurologique au niveau du lobe pariétal supérieur (LPS), zone dont le dysfonctionnement a également été mis en évidence dans la dyslexie (chapitre 3.1), l'EVA est réduit à deux lettres (Valdois et al., 2019). Le déficit de traitement positionnel, secondaire au dysfonctionnement du LPS, réduit le traitement simultané et l'identification de séquences de lettres chez la patiente alors que le traitement simultané de trois disques de couleurs est possible (Vialatte, Yeshurun, et al., 2021). Lorsque cette patiente réalise une tâche de recherche visuelle avec des symboles tous différents constitués de combinaisons de traits inconnues (ce qui correspond à la situation initiale pour un apprenti lecteur avec les lettres), les capacités de traitement simultané sont même réduites à un seul symbole (Vialatte, Salemme, et al., 2021). Ceci peut également expliquer le biais local, c'est-à-dire l'attirance pour les détails,



observé lors du traitement de formes globales constituées de petits symboles chez les patients cérébrolésés au niveau des lobules pariétaux (Navon, 1977; Riddoch et al., 2008; Shenker & Roberts, 2016). Cette même difficulté d'inhibition des détails a été identifiée chez les dyslexiques (Bedoin, 2017; Bedoin et al., 2010; Franceschini et al., 2017) et entraîne une attraction irrésistible pour les lettres du mot au détriment d'une appréhension globale, ce qui gêne l'encodage (Bedoin & Medina, 2014). Il existe des protocoles d'évaluation et de rééducation pour traiter cet aspect (Bedoin & Medina, 2013; Eysseric & Keller, 2012).

Enfin, l'effet crowding, ou effet d'encombrement, a été repéré dans les anomalies de traitement visuel (Bertoni et al., 2019; Martelli et al., 2009). Il consiste en une incapacité à reconnaître un élément entouré de deux autres, alors que cet élément est reconnu lorsqu'il est présenté seul. Il se produit en vision périphérique chez un sujet sain mais il est présent en vision centrale chez des sujets dyslexiques (Callens et al., 2013; Martelli et al., 2009; Moll & Jones, 2013), entraînant des difficultés dans la reconnaissance globale des mots ainsi que dans leur déchiffrage, conduisant à une lecture plus lente et à des erreurs (Valdois et al., 2011). Ce crowding exacerbé pourrait également découler du déficit de traitement positionnel simultané des différents traits constituant les lettres, vu plus haut, en raison de la difficulté à attribuer ces traits à l'une ou à l'autre lettre (Daini et al., 2021) et serait diminué avec un espacement adapté des lettres et des mots (Galliussi et al., 2020; He & Legge, 2017; Spinelli et al., 2002; Zorzi et al., 2012).

### **3 Axe neuroanatomique**

#### **3.1 Structures cérébrales des troubles cognitifs**

Des données de neuro-imagerie fonctionnelle ont permis d'étayer les hypothèses des troubles cognitifs rencontrés. Une méta analyse d'études portant sur des enfants et adultes réalisée par Paulesu et al. (2014) montre une diminution des activités cérébrales localisées au niveau du cortex occipito-temporal gauche dans la dyslexie, comparativement aux groupes témoins, en particulier en tâche de lecture, que ce soit pour les tâches phonologiques comme VA. De plus, dans cette étude, des déficits des systèmes moteurs et attentionnels, nécessaires en lecture, sont corrélés à une altération du cortex fronto-pariétal dorsal gauche. Concernant les troubles VA, la comparaison des activations sous Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle des sujets contrôles à de sujets dyslexiques porteurs d'un trouble de l'EVA a



systématiquement montré une sous-activation bilatérale des régions pariétales supérieures (LPS) chez les dyslexiques enfants comme adultes lors du traitement simultané d'éléments visuels multiples (Lobier et al., 2014; Peyrin et al., 2011; Reilhac et al., 2013; Valdois et al., 2014). En outre, des patients cérébrolésés au niveau du LPS échouent à des tests de comparaisons perceptives visuo-spatiales comme le PVSE (Pisella et al., 2013, 2020), de recherche visuelle de symboles (Khan et al., 2016; Vialatte, Salemme, et al., 2021) et d'EVA (Valdois et al., 2019; Vialatte, Yeshurun, et al., 2021). Toutes ces anomalies relevées pourraient découler du rôle crucial du LPS dans la distribution spatiale de l'attention visuelle (Petersen et al., 1994; Valdois et al., 2019), dont le dysfonctionnement entraîne un traitement simultané positionnel fragile (Vialatte, Yeshurun, et al., 2021) affectant l'identification perceptive de séquences d'items complexes, lettres ou symboles (Lobier, Peyrin, et al., 2012). L'hypothèse VA serait donc basée sur le fait que les lettres sont constituées d'éléments visuels multiples dont l'identification visuelle dépend d'un traitement positionnel simultané performant.

### **3.2 Structures cérébrales du traitement visuel : voie ventrale et voie dorsale**

La reconnaissance visuelle impliquée dans la tâche de lecture est basée sur des structures corticales du traitement visuel, la voie ventrale et la voie dorsale, qui transmettront l'information vers d'autres aires impliquées dans le traitement phonologique (Cohen & Dehaene, 2009). Les anomalies relevées au niveau du LPS en contexte de trouble VA (chapitre 3.1) concernent la voie dorsale, ou voie du « où » (traitement positionnel) qui est la voie occipito-pariétale (Ungerleider & Mishkin, 1982). Des adultes ayant un trouble de l'EVA présentent cependant une hypoactivation de la zone occipito-temporale ventrale gauche, en plus d'une hypoactivation bilatérale du LPS (Reilhac et al., 2013). L'atteinte de ces deux voies s'observe chez l'adulte dyslexique et provient de l'interaction nécessaire entre les voies visuelles dorsale et ventrale pour la lecture (Moulton et al., 2019). La voie dorsale soutient les compétences VA pour la sélection d'une séquence de lettres, tandis que la voie ventrale est impliquée dans l'identification de tout ou partie du mot et des objets. La voie occipito-temporale correspond à la voie ventrale, qui est celle de la reconnaissance visuelle des objets ou voie du « quoi ? » (Ungerleider & Mishkin, 1982). Dans l'hémisphère gauche, une région de cette voie ventrale occipito-temporale est le siège de l'aire de la forme visuelle des mots (ou visual word form area, VWFA)

qui soutient la reconnaissance des mots ou parties de mots porteuses de sens (Meyniel, 2020; Moulton et al., 2019; B. A. Shaywitz et al., 2007). La voie ventrale étant une voie de reconnaissance visuelle des objets indépendamment du point de vue (de l'orientation droite ou gauche de l'objet par exemple) (Nishimura et al., 2015), la VWFA va devoir se développer par « recyclage neuronal », c'est-à-dire en spécialisant une zone pour le traitement de symboles culturels orientés comme les lettres et séquences de lettres (Dehaene & Cohen, 2011; Hannagan et al., 2021). En effet, cette aire permet de coder les objets du langage écrit avec une orientation spécifique, ce qu'elle ne fera pas pour les objets d'autres catégories, comme les outils, qui doivent être identifiés indépendamment du point de vue (Moulton et al., 2019).

### **3.3 Images miroirs dans la dyslexie**

La période d'apprentissage de la lecture est concomitante à la spécialisation de la VWFA de la voie visuelle ventrale et correspond à une connectivité accrue entre les voies ventrale et dorsale (Meyniel, 2020; Moulton et al., 2019; B. A. Shaywitz et al., 2007). Une étude réalisée sur 14 dyslexiques adultes (Dole et al., 2013) montre une diminution de la quantité de substance blanche dans la région temporo-pariétale gauche pouvant refléter une faible connectivité entre les deux voies. Ainsi, les dyslexiques ayant un défaut de connectivité ou une hypoactivation de ces régions (Dole et al., 2013; Reilhac et al., 2013), pourraient ne pas présenter de spécialisation de la VWFA (Dehaene et al., 2015; Dehaene & Cohen, 2011), donc un codage des objets du langage écrit indépendamment de leur orientation. Nonobstant, les confusions miroir sont présentes avant l'acquisition en lecture chez les dyslexiques comme les normolecteurs (Corballis, 2018; Le Floch & Ropars, 2017; Rusiak et al., 2007). Cependant, elles persisteraient plus tardivement chez les dyslexiques, comparés aux normolecteurs pour lesquels la discrimination entre modèle et miroir semble s'améliorer entre 5 et 8 ans (Cornell, 1985; Dehaene et al., 2010; Uehara, 2013). Cette disparition de confusions miroir semble être en lien avec l'apprentissage de la lecture puisqu'il n'y avait pas d'amélioration pour des enfants zambiens sans instruction de lecture au même âge (Serpell's 1971). Elle pourrait s'expliquer par la spécialisation de la VWFA dans le traitement des symboles orientés culturellement, concomitante à l'apprentissage de la lecture (Dehaene & Cohen, 2011; Hannagan et al., 2021). La persistance de confusions miroir a historiquement été expliquée par des défauts de latéralisation (Casalis et al., 2019a; Corballis & Beale, 1977, 2020). Les

études de Le Floch et Ropars (2017) qui ont initié le développement des lunettes testées dans ce mémoire, seront détaillées par la suite. Elles s'appuient sur le livre de Corballis et Beale (1977), réédité en 2020, qui fait la synthèse de recherches de psychologie expérimentale des années 60 et 70 sur les liens entre dyslexie et dominances oculaires, manuelles et/ou hémisphériques pour le langage. Ces hypothèses inter-hémisphériques d'explication des erreurs en miroir persistantes des dyslexiques ont été plutôt abandonnées faute de preuves expérimentales tangibles et plus récemment remplacées par l'hypothèse de déficiences de connectivité entre les voies visuelles dorsale et ventrale qui entravent la spécialisation de la VWFA (Dole et al., 2013; Meyniel, 2020; Moulton et al., 2019; B. A. Shaywitz et al., 2007).

#### **4 Des lunettes pour pallier le trouble de traitement visuel ?**

La présente revue de littérature montre que les processus de lecture sont complexes comme le reflètent les multiples formes du trouble : toutes les configurations sont possibles et sont à prendre en compte dans la rééducation (Corballis & Beale, 1977, 2020). Les profils comportementaux, cognitifs et neuroanatomiques des enfants sont hétérogènes, d'autant que l'importante comorbidité des troubles alimente l'aspect diversifié de la dyslexie. Ceci met en évidence l'intérêt d'investiguer la dyslexie au niveau de chaque individu plutôt que comme un trouble unitaire (Ziegler et al., 2008). Dans ce contexte, les lunettes Lexilens de la startup Atol, Abeye, ont été proposées pour pallier un déficit visuel chez les dyslexiques. Comme vu précédemment, s'il existe une part VA dans la dyslexie, les atteintes ne se situent pas au niveau ophtalmologique (American Psychiatric Association et al., 2015; Mazeau & Pouhet, 2021, p. 323; Valdois et al., 2011) mais au niveau des voies de traitement visuel cortical décrites ci-dessus. Pourtant, c'est une particularité anatomique de l'œil du dyslexique qui a été mise en avant dans l'étude à l'origine de ces lunettes (Le Floch & Ropars, 2017). Elle concernerait une zone de la macula sans cônes bleus qui filtre certaines lumières, laissant apparaître une tache chez tout individu lorsqu'on l'éclaire avec une certaine longueur d'onde : la tache de Maxwell (Misson et al., 2020). D'après Le Floch et Ropars (2017), 30 étudiants français dyslexiques présenteraient une tache de Maxwell régulière, symétrique entre les deux yeux, tandis qu'elle serait asymétrique d'un œil à l'autre chez les 30 normolecteurs. Dans une étude antérieure, Le Floch et Ropars (2010) avaient pu déterminer que l'œil dominant de sujets normolecteurs, présentant donc une asymétrie entre leurs deux yeux, était celui avec la tache de Maxwell la plus

régulière. Les auteurs (2017) ont alors corrélé la symétrie observée dans la dyslexie à une absence de dominance oculaire chez ces derniers. Ils ont ensuite proposé que les trajets d'information de deux yeux de dominance équivalente pourraient favoriser un désordre entre les hémisphères, occasionnant des projections interhémisphériques visuelles induisant une confusion : la perception de redoublements de type « dd » et d'images miroirs droite/gauche (b/d et p/q) (Le Floch & Ropars, 2017). A l'inverse, l'œil dominant permet un délai de perception plus court (Chaumillon et al., 2014, 2018; Minucci & Connors, 1964) et une image plus intense (Shneur & Hochstein, 2006, 2008) alors sélectionnée par le cerveau (Porac et al., 1976; Porac & Coren, 1982). Afin de gommer ces images superflues, Le floch et Ropars (2017) ont proposé une lampe, donnant lieu ensuite à la conception des lunettes (Lexilight par Lexilife et Lexilens par Abeye). Elles sont basées sur une lumière au scintillement rapide (minimum 70Hz) invisible à l'œil nu qui aurait pour action de rétablir artificiellement la dominance oculaire en altérant le traitement de l'image miroir afin de permettre aux lecteurs dyslexiques de ne percevoir plus qu'une forme de lettre, pas son miroir. Cette technique exploiterait un délai existant entre les deux images rétiniennes, de 5 à 10 millisecondes (Chaumillon et al., 2014, 2018). Une patiente réalisant des confusions « w/m » a fait l'objet d'une remédiation similaire (McCloskey & Rapp, 2000) diminuant son nombre d'erreurs en lecture mais sous une lumière clignotant à une fréquence de 10 Hz (Casalis et al., 2019a, p. 186).

Les créateurs des lunettes assurent un effet immédiat et non invasif pouvant aider la plupart des dyslexiques à surmonter leurs difficultés (Le Floch & Ropars, 2020). Suite à la revue de littérature, trois hypothèses sont formulées: (1) D'après le rôle de la voie dorsale dans la spécialisation de la VWFA et la diminution des confusions miroir, ces lunettes devraient avoir un effet essentiellement sur des dyslexiques au profil VA ou mixte. (2) Cet effet devrait être une augmentation de la vitesse et une diminution du nombre d'erreurs en lecture de texte et en lecture de mots. (3) Tous les types de mots devraient être impactés par une meilleure analyse visuelle (consistants ou pas, fréquents ou pas, longs ou pas) sauf éventuellement les mots à la fois longs, non fréquents et irréguliers, c'est-à-dire possiblement non présents dans le lexique orthographique des sujets, car ils mettent alors en jeu plus qu'un simple décodage.

## II Méthode

### 1 Population

Pour mesurer l'impact en lecture de lunettes proposées pour la dyslexie, des sujets ont été recherchés, devant avoir entre 8 et 14 ans et diagnostiqués dyslexiques en regard des critères du DSM-5 (American Psychiatric Association et al., 2015). Les sujets présentant une épilepsie, un strabisme, une paralysie oculomotrice, une amblyopie ou encore un trouble de l'audition ou de la vision non corrigé ont été exclus, mais pas ceux aux comorbidités de trouble développemental de la coordination (TDC), ou trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H). Les enfants sélectionnés sont 5 filles, dont les caractéristiques se lisent en annexe B, recrutées dans un cabinet libéral en Rhône-Alpes. L'étude de cas multiples a commencé après signature de notices d'information et d'une demande écrite de consentement éclairé pour l'enregistrement vocal et l'exploitation des données.

### 2 Matériel

#### 2.1 Evaluation de la dyslexie et des compétences phonologiques et VA

##### 2.1.1 Batterie d'évaluation du langage écrit, EVALEO (Launay et al., 2018).

La population a été caractérisée en partie à l'aide de la batterie d'évaluation du langage écrit, EVALEO (Launay et al., 2018) pour analyser l'aspect comportemental et cognitif en lecture. Les lectures de mots et de pseudo-mots ont été proposées ainsi que celles de deux textes, l'un non signifiant (Evalouette), pour déterminer l'âge de lecture, et l'autre signifiant (La mouette). Les fonctions cognitives sous-jacentes au langage écrit ont également été testées. L'épreuve d'EVA, constituée de deux tâches, a permis d'évaluer le trouble VA. La première permet de mesurer le seuil d'identification d'un chiffre perçu à la fois, apparu en moyenne 100 millisecondes, donnant la vitesse de détection, soit une information sur la qualité de l'attention temporelle. Cette tâche est suivie de celle de report global qui demande de rapporter verbalement un maximum des 5 chiffres perçus apparus après la croix pendant 200ms. Elle donne la taille de l'empan et la répartition spatiale de l'attention sur la séquence de 5 chiffres présentés à l'écran. Si le score à la première tâche est trop faible, un empan pathologique ou fragile ne pourrait être interprété comme un trouble spécifique de distribution spatiale de l'attention visuelle car possiblement dû à ce temps d'identification déficitaire (Maeder et al., 2018). Afin d'être évalués sur le plan phonologique et métaphonologique, les sujets ont passé l'épreuve de dénomination rapide de couleur

et celle de suppression de phonème. La première évalue la sortie phonologique tandis que la seconde analyse la capacité à manipuler des unités phonologiques. Enfin, la répétition de chiffres endroit et envers a été réalisée pour évaluer les capacités de mémoire à court terme verbale (MCT) et les processus de mémoire de travail.

### **2.1.2 Test de perception visuo-spatiale élémentaire, PVSE (Pisella et al., 2013).**

Le test PVSE (Pisella et al., 2013) a été proposé. Il évalue les fonctions perceptives de la voie visuelle dorsale puisque des patients présentant une lésion du LPS échouent à ce test. Il ne requiert pas de réponse motrice ou langagière particulière ni aucune gnosie visuelle. La passation dure 15 minutes et consiste en six sous-tests, illustrés en annexe C : comparaison de longueurs (T1), de tailles (T2), comparaison d'angles (T3), jugement de milieu (T4), comparaison (T5) et sélection de position (T6). Chaque sous-test est composé de 12 épreuves de difficulté croissante (score maximum total = 72). Les sous-tests T1 et T2 nécessitent une comparaison de magnitude. Les T3, T4, T5 et T6 exigent plutôt une intégration spatiale entre un objet et un repère.

### **2.1.3 Carton troué.**

Le test du carton troué a été réalisé, comme dans l'étude à l'origine des lunettes (Le Floch & Ropars, 2017), afin de pouvoir comparer les populations. Il s'agit d'un test de dominance oculaire utilisé en recherche (Handa et al., 2004; Seijas et al., 2007; Shneur & Hochstein, 2006). Le sujet doit viser un objet éloigné de plusieurs mètres, comme une poignée, en regardant à travers le trou d'un carton tenu les bras tendus, avec les deux yeux ouverts. Progressivement, le carton doit être ramené au visage. Le trou du carton arrivera naturellement devant un des deux yeux, qui sera l'œil dominant s'il est systématiquement choisi lors des différents essais. Quatre essais ont été réalisés dans cette étude. Le carton, de format A4, est troué en son milieu sur 4cm de diamètre.

## **2.2 Evaluation de l'effet des lunettes**

### **2.2.1 Lunettes.**

L'outil évalué dans ce mémoire sont les lunettes Lexilens. Elles ne sont pas adaptées à la vue mais peuvent se mettre en plus de la monture déjà portée. En les connectant à l'application associée, par bluetooth, elles peuvent être réglées en luminosité (dite « balance » dans les réglages) et scintillement des verres (« vitesse »). Le réglage de la balance donne un contraste différent du texte sur le fond. Il peut être ajusté de 1 en 1 en allant de -10, correspondant aux verres les plus foncés, à +10, verres les plus

clairs, quoique toujours plus foncés que lunettes éteintes. Un réglage à zéro est présenté comme optimal pour la majorité des utilisateurs. La fréquence de scintillement (vitesse) est le principe de la technologie Lexilens. Elle peut être augmentée ou diminuée de 1 en 1 de 70 à 90Hz, restant invisible à l'œil nu, avec pour base et réglage optimal pour la majorité, une fréquence à 80Hz, égale à une vitesse zéro sur l'application. Le réglage des lunettes décrit comme optimal (balance et vitesse à zéro) a été sélectionné afin de ne pas introduire de subjectivité. Un deuxième réglage a pu être proposé par un commerçant des lunettes pour les sujets 2 (balance +8, vitesse +6), 4 (balance +1, vitesse +6) et 5 (balance et vitesse +10).

### **2.2.2 Supports de test.**

Pour répondre aux hypothèses, une lecture de textes et de listes de mots appariés a été proposée. Les textes, encore non publiés, ont été fabriqués par Nathalie Bedoin. Il s'agit de quatre textes non signifiants, équivalents en termes de lexique et de structure morphosyntaxique, mot par mot. Cela permet de comparer immédiatement le sujet à lui-même sans effet re-test. Ils ont été construits sur la base de données Manulex-infra (Peereman et al., 2007) avec une sélection de mots uniquement réguliers, appariés en fréquence lexicale, longueur (nombre de lettres, de syllabes et de phonèmes) et nombre de voisins orthographiques (tels que raison/maison). Afin d'évaluer l'apport des lunettes sans effet placebo, l'étude a été réalisée en alternance de traitement « ON », correspondant aux lunettes allumées, et « OFF », lunettes éteintes. L'étude est en simple aveugle : le sujet n'est pas au courant du traitement OFF, mais simplement de l'expérimentation de différents réglages aléatoirement. La consigne est la suivante : « Tu devras lire 4 textes qui n'ont aucun sens. Ils sont bizarres mais ne cherche pas à les comprendre. Lis du mieux que tu peux. Quand je te dirai « stop » tu t'arrêteras ». Le temps de lecture est limité à 2 minutes et l'ordre des textes a été randomisé entre les sujets (annexe D, tableau 1). Toutes les 30 secondes sont recueillis le nombre d'erreurs (précision) et le nombre de mots lus (vitesse) qui seront analysés comme 40 points de mesures indépendantes afin de réaliser un test binomial. Pour lisser les effets de variabilité, chaque point de mesure est la valeur moyenne des scores obtenus aux deux textes lus avec un même traitement. Ainsi, il y a par sujet un point de mesure par tranche de 30 secondes, soit 4 points pour un traitement (valeur moyenne des deux textes) en nombre de mots. De même, 4 points de mesure sont pris par sujet en nombre d'erreurs. Il y a donc 8 points



par sujet et 5 sujets, soit 40 points de mesures avec un traitement, comparés aux 40 autres points avec le second traitement. La loi de probabilité du test binomial permet de déterminer si les résultats ne sont pas dus au hasard. Ils seront également analysés par sujet, visuellement.

Douze listes de mots ont été créées pour ce mémoire. Elles sont composées de 240 noms communs et adjectifs sélectionnés dans la base de données Manulex-infra (Peereman et al., 2007), contrôlés en niveau scolaire (du CE2 au CM2) et nombre de voisins orthographiques (<1). Chacune est constituée des mots réguliers et irréguliers, fréquents et non fréquents, moyens et longs pour évaluer l'impact des lunettes selon les types de mots. La régularité est contrôlée par le paramètre de consistance dans Manulex-Infra, ces deux concepts étant considérés équivalents dans cette étude puisqu'ils sont fortement corrélés en Français (Bonin et al., 2008). Les listes comprennent 20 mots répartis par type dans un ordre identique, les appariant en difficulté. Les premiers mots sont de longueur moyenne consistants et fréquents, suivis de mots consistants non fréquents, puis d'inconsistants fréquents, inconsistants non fréquents et enfin de mots longs inconsistants et non fréquents. Un mot issu de la base de données Manulex-Infra est dit consistant au-delà d'une CGP supérieure à 85, inconsistant pour une CGP entre 20 et 70 (Maeder et al., 2018; Peereman et al., 2007). Les mots dont la fréquence est supérieure à 60 sont fréquents tandis qu'ils ne le sont pas lorsque la valeur est comprise entre 2 et 3. Pour la longueur, un mot est moyen s'il est constitué de 5, 6 ou 7 lettres et long s'il comporte plus de 8 lettres. Au total, 264 mots ont été générés par la base de données sur ces critères, dont 240 ont été conservés et 24 écartés au hasard ou en cas de doublon pluriel/singulier (exemple : bateau/bateaux). Ces mots figurent en annexe E. Les listes ont été présentées sous la forme d'un diaporama sur PowerPoint, affichant un mot par diapositive, en minuscules, police Calibri(Corps), taille 138, centré. La consigne était de lire le plus rapidement et le mieux possible les mots apparaissant à l'écran. Le temps de lecture et le nombre de mots mal lus par liste (maximum = 20) ont été mesurés. Un mot était compté pour faux dès une erreur, sauf en cas d'autocorrection. L'ordre de passation des listes à été randomisé (annexe D, tableau 2) afin de limiter un effet des listes dont l'équivalence est évaluée par une ANOVA de Friedman (Friedman, 1940). Un calcul des tendances a été réalisé pour l'analyse des résultats, selon les préconisations de Parker et al. (2011). Les tendances en traitement OFF ( $\tau_a$ ) et ON ( $\tau_b$ ) permettent



d'observer une amélioration ou une dégradation en vitesse et précision au fur et à mesure de la lecture des listes. Elles permettent en outre d'obtenir «  $\tau_{ab}$  », qui compare les traitements ON et OFF, et «  $\tau_{ab+b-a}$  », qui prend en plus en compte la correction des tendances. Ainsi, lorsque  $\tau_a$  ou  $\tau_b$  a une p-value trop élevée ( $>0.05$ ), il suffit de considérer  $\tau_{ab}$ . Mais si  $\tau_a$  et/ou  $\tau_b$  a une valeur significative, c'est  $\tau_{ab+b-a}$  qui est pris en compte. Un  $\tau$  proche de 1 est considéré comme une amélioration, proche de 0 comme une absence d'effet et un  $\tau$  négatif comme une tendance à l'aggravation.

### 3 Procédure

Les passations se sont déroulées en individuel au domicile des patients, entre décembre 2021 et février 2022. Elles ont duré deux heures sur une seule rencontre pour les sujets 1 et 3, complétée pour les sujets 2, 4 et 5 d'une seconde rencontre avec un réglage personnalisé. Une feuille de route (annexe F, figure 1) a été créée et parcourue avec les enfants en cours de passation pour maintenir leurs efforts sur la durée, en plus de propositions régulières de pauses. Le plan des épreuves et du temps alloué à chacune est donné en annexe F, tableau 5. Les passations ont eu lieu dans une pièce calme, éclairée naturellement pour éviter que les sujets ne perçoivent le scintillement des lunettes parfois perceptible sous lumières artificielles mais imperceptible sous lumière naturelle. L'alternance de traitement débutait toujours par la situation « lunettes éteintes » (OFF) dont les enfants n'avaient pas connaissance. Le discours tenu était qu'il s'agissait de différents réglages proposés aléatoirement, pouvant se ressembler. L'évaluateur était assis à côté de l'enfant et notait sur papier les productions erronées. Les lunettes étaient retirées du visage de l'enfant entre chaque texte ou chaque liste pour les éteindre ou les allumer en feignant de procéder au réglage en appuyant sur le bouton de la branche ou en simulant la réalisation d'un réglage sur le téléphone. Les lunettes éteintes présentaient un verre moins sombre, indiquant l'état de la condition à l'évaluateur.

Lors d'une seconde rencontre, les commerçants des lunettes ont proposé un deuxième réglage des lunettes pour trois sujets, s'ensuivant une deuxième passation de la lecture des 12 listes de mots. Elles ont été proposées dans le même ordre que lors de la première passation afin de limiter l'effet des listes sur les résultats. Le réglage se fait par tâtonnement du commerçant qui questionne l'enfant sur son confort au cours d'une lecture de texte comme Le petit prince ou Harry Potter ou encore sur sa facilité à lire des suites de chiffres ou de lettres en miroirs comme « p/q » ou « b/d ».

### III Résultats

Les résultats seront présentés dans l'ordre des hypothèses. En première partie seront proposées les données d'évaluation de la dyslexie et des compétences phonologiques et visuo-attentionnelles récoltées à l'aide de la batterie d'évaluation du langage écrit, EVALEO (Launay et al., 2018), du test de perception visuo-spatiale élémentaire, PVSE (Pisella et al., 2013, 2020) et de celui du carton à trou. S'ensuivront les résultats par sujet du protocole testant l'effet des lunettes en vitesse et précision, en lecture de textes puis de mots. Les résultats des textes seront analysés visuellement par sujet, mais également tous sujets confondus par un test binomial. Un tau  $\tau$  des tendances sera utilisé pour les données des listes. Ensuite, le nombre d'erreurs sera rapporté selon le type de mots. En fin de partie se trouvera l'ANOVA de Friedman pour l'équivalence des listes.

## 1 Caractérisation des profils

### 1.1 Evaluation de la lecture

Tous les sujets présentent un décalage à la norme en lecture de texte et de mots les classant dans la zone de pathologie définie par la batterie d'évaluation du langage écrit EVALEO (Launay et al., 2018), hormis le sujet 1 qui est dans la norme en lecture de mots et de pseudo-mots.

**Tableau 6**

*Données en lecture*

| Sujet | Age (DDN)                   | Classe           | Texte                         |            |          |            |                | Mots | Pseudo mots |
|-------|-----------------------------|------------------|-------------------------------|------------|----------|------------|----------------|------|-------------|
|       |                             |                  | Niveau de lecture             | Test       | Date     | Score      |                |      |             |
|       |                             |                  |                               |            |          | Signifiant | Non signifiant |      |             |
| 1     | 12 ans 9 mois<br>(05/03/09) | 5 <sup>ème</sup> | CM1                           | Evalouette | 10/12/21 | -          | -              | +    | +           |
|       |                             |                  | CM2                           | La mouette |          |            |                |      |             |
| 2     | 11 ans 4 mois<br>(28/07/10) | 6 <sup>ème</sup> | CE2                           | Evalouette | 11/12/21 | -          | -              | -    | -           |
|       |                             |                  |                               | La mouette |          |            |                |      |             |
| 3     | 11 ans 5 mois<br>(06/07/10) | 6 <sup>ème</sup> | CE1 1 <sup>er</sup> trimestre | Evalouette | 13/12/21 | -          | -              | -    | -           |
|       |                             |                  | CE2                           | La mouette |          |            |                |      |             |
| 4     | 10 ans 1 mois<br>(12/12/11) | CM1              | CP 3 <sup>ème</sup> trimestre | Evalouette | 15/01/22 | -          | -              | -    | -           |
|       |                             |                  |                               | La mouette |          |            |                |      |             |
| 5     | 12 ans 8 mois<br>(15/05/09) | 5 <sup>ème</sup> | CE2                           | Evalouette | 16/01/22 | -          | -              | -    | -           |
|       |                             |                  |                               | La mouette |          |            |                |      |             |

+ : dans la norme selon le test Evaleo (Launay et al., 2018); +/- : fragile ; - : pathologique

## 1.2 Evaluation des fonctions cognitives associées sous-jacentes

**Tableau 7**

### *Troubles sous-jacents*

| Sujet | Age (DDN)                | Classe           | Trouble sous-jacent |       |                           |                          |                      | MCT verbale             |
|-------|--------------------------|------------------|---------------------|-------|---------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
|       |                          |                  | PVSE                | EVA   |                           | Phonologie               |                      |                         |
|       |                          |                  |                     | Seuil | Report Global             | Dénomination de couleurs | Suppression phonèmes |                         |
| 1     | 12 ans 9 mois (05/03/09) | 5 <sup>ème</sup> | +                   | +/-   | +                         | +                        | +                    | Pas testée              |
| 2     | 11 ans 4 mois (28/07/10) | 6 <sup>ème</sup> | +                   | +     | +/- 3 <sup>ème</sup> item | +                        | +/- temps            | -<br>Empan<br>endroit   |
| 3     | 11 ans 5 mois (06/07/10) | 6 <sup>ème</sup> | +                   | +/-   | +                         | +                        | - score et temps     | +                       |
| 4     | 10 ans 1 mois (12/12/11) | CM1              | +                   | +     | +/- 2 <sup>ème</sup> item | +                        | +/- score et temps   | +/-<br>empan<br>endroit |
| 5     | 12 ans 8 mois (15/05/09) | 5 <sup>ème</sup> | +                   | +/-   | +                         | +/-temps                 | - temps              | -<br>Empan<br>endroit   |

+ : dans la norme selon le test Evaleo (Launay et al., 2018); +/- : fragile ; - : pathologique

Au niveau cognitif, tous les sujets sont dans la norme pour l'âge au test de perception visuo-spatiale élémentaire PVSE (Pisella et al., 2013, 2019). A l'épreuve d'EVA (Launay et al., 2018), les sujets 1, 3 et 5 ont un seuil de détection élevé tandis que les sujets 2 et 4 présentent un empan réduit. Les sujets 2, 3, 4 et 5 ont une atteinte phonologique relevant de la pathologie (+) pour les sujets 3 et 5, et de la fragilité (+/-) pour les sujets 2 et 4 d'après les normes du test. Les dyslexiques ayant un profil mixte sont les sujets 2 et 4 avec une fragilité à la fois phonologique (suppression de phonème et MCT verbale) et visuo-attentionnelle (report global).

## 1.3 Carton troué

**Tableau 8**

### *Œil dominant*

| SUJET | DROIT | GAUCHE | TOTAL |
|-------|-------|--------|-------|
| 1     | 0     | 4      | G     |
| 2     | 0     | 4      | G     |
| 3     | 3     | 1      | D     |
| 4     | 4     | 0      | D     |
| 5     | 4     | 0      | D     |

Le tableau présente le nombre de choix d'un œil ou l'autre pour chaque sujet, sur 4 essais. Les dyslexiques de l'expérimentation ont tous un œil dominant.

## 2 Evaluation de l'effet des lunettes

Les figures de cette partie sont disponibles en annexe G.

## 2.1 Sujet 1

En lecture de texte, le sujet 1 présente visuellement une courbe en traitement ON au-dessus de celle en OFF pour le nombre de mots lus (vitesse) mais aucune amélioration en nombre d'erreurs (précision). Il passe ainsi de 156 et 155 mots lus en 2 minutes en condition OFF à 171 et 163 mots lus en condition ON.

En lecture de listes de mots, est observée une tendance significative à l'amélioration en temps de lecture par liste (vitesse) avec le traitement OFF ( $\tau_a=0.79$ ,  $p=0.032$ ) au fur et à mesure des lectures. Du fait de ce  $\tau_a$  significatif, le  $\tau_{ab+b-a}$  doit être lu et montre qu'en vitesse il n'est pas trouvé d'amélioration significative avec le traitement ON par rapport au traitement OFF ( $\tau_{ab+b-a}=-0.20$ ,  $p=0.369$ ). En revanche, en nombre d'erreurs (précision), ce sujet réalise significativement moins d'erreurs liste après liste en traitement ON ( $\tau_b=0.75$ ,  $p=0.044$ ). Mais en comparaison des traitements, les résultats ne montrent à nouveau pas d'amélioration significative avec le traitement ON comparativement au traitement OFF ( $\tau_{ab+b-a}=-0.21$ ,  $p=0.382$ ).

## 2.2 Sujet 2

En lecture de texte, le sujet 2 présente visuellement une courbe en traitement ON au-dessus de celle en OFF pour la vitesse mais aucune amélioration pour la précision. Pour les deux textes en traitement OFF, il lit 108 et 110 mots en 2 minutes contre 116 et 115 mots pour ceux en traitement ON.

En lecture de liste, ce sujet présente une tendance à l'amélioration significative en vitesse avec le traitement ON ( $\tau_b=0.89$ ,  $p=0.016$ ) au fur et à mesure des lectures. Mais il n'y a pas d'amélioration significative avec ce traitement par rapport au traitement OFF en vitesse ( $\tau_{ab+b-a}=0.07$ ,  $p=0.772$ ). En précision, il ne présente aucune tendance avec un traitement ou l'autre ( $\tau_a=-0.07$ ,  $p=0.845$  ;  $\tau_b=-0.15$ ,  $p=0.687$ ) ni de supériorité d'un traitement ( $\tau_{ab}=-0.20$ ,  $p=0.457$ ).

Le réglage personnalisé proposé pour cette enfant fait disparaître la tendance à l'amélioration significative observée au premier réglage en vitesse ( $\tau_b=0.89$ ,  $p=0.016$  devenant  $\tau_b=0.20$ ,  $p=0.719$ ). En précision, aucune tendance ne se dessine ( $\tau_a=-0.79$ ,  $p=0.032$  ;  $\tau_b=-0.28$ ,  $p=0.444$ ) et la comparaison des traitements ON/OFF ne permet toujours pas de présenter un effet ( $\tau_{ab}=-0.20$ ,  $p=0.457$ ).

### 2.3 Sujet 3

En lecture de texte, cette enfant ne présente visuellement aucune amélioration voire une aggravation du nombre d'erreurs en traitement ON.

En lecture de liste, les tendances en ON et OFF ne sont significatives ni en vitesse ( $\tau_a=0.14$ ,  $p=0.702$ ,  $\tau_b=0.28$ ,  $p=0.444$ ) ni en précision ( $\tau_a=-0.08$ ,  $p=0.837$ ;  $\tau_b=0.14$ ,  $p=0.702$ ) rendant inutile de lire le  $\tau_{ab+b-a}$  qui prend en compte la correction des tendances significatives. C'est donc le  $\tau_{ab}$  qui est considéré. Il ne montre pas de meilleure vitesse en lecture des listes avec le traitement ON par rapport au traitement OFF ( $\tau_{ab}=0.15$ ,  $p=0.569$ ) ni de meilleure précision ( $\tau_{ab}=0.41$ ,  $p=0.134$ ).

### 2.4 Sujet 4

En lecture de texte, ce sujet présente visuellement une légère amélioration de la vitesse (44 mots lus dans les deux textes avec le traitement OFF contre 45 et 49 mots avec le traitement ON) accompagnée d'une légère aggravation du nombre d'erreurs en traitement ON (13 et 17 erreurs avec ce traitement contre 7 et 13 erreurs avec le traitement OFF).

En lecture de listes, aucune tendance en ON ou OFF n'est significative en vitesse ( $\tau_a=0.00$ ,  $p=1.000$ ;  $\tau_b=0.47$ ,  $p=0.272$ ). Ainsi le  $\tau_{ab}$  est pris en compte. Il ne montre pas que le traitement ON améliore la vitesse comparé au traitement OFF pour ce sujet ( $\tau_{ab}=0.37$ ,  $p=0.569$ ). En précision, cette enfant réalise plus d'erreurs de liste en liste avec le traitement ON avec une p-value proche de 0.05 ( $\tau_b=-0.69$ ,  $p=0.056$ ). Mais la comparaison des traitements ne montre pas de supériorité du traitement ON en précision ( $\tau_{ab}=0.11$ ,  $p=0.681$ ;  $\tau_{ab+b-a}=-0.08$ ,  $p=0.724$ ).

Le réglage personnalisé proposé pour ce sujet n'apporte pas d'amélioration en vitesse ( $\tau_b=0.20$ ,  $p=0.719$ ;  $\tau_{ab}=-0.23$ ,  $p=0.378$ ). En nombre d'erreurs, la dégradation peu significative au premier réglage ( $\tau_b=-0.69$ ;  $p=0.056$ ) est significative au second ( $\tau_b=-0.79$ ;  $p=0.032$ ): le sujet 4 réalise avec ce traitement ON plus d'erreurs de liste en liste. De surcroît, ce nouveau réglage ne permet pas de montrer une supériorité du traitement ON sur le traitement OFF ( $\tau_{ab+b-a}=-0.16$ ,  $p=0.485$ ).

### 2.5 Sujet 5

En lecture de texte, le sujet 5 ne présente visuellement aucune amélioration.

En lecture de liste, aucune tendance en ON ou OFF n'est significative que ce soit en vitesse ( $\tau_a=0.14$ ,  $p=0.702$ ,  $\tau_b=0.41$ ,  $p=0.251$ ) ou en précision ( $\tau_a=-0.28$ ,  $p=0.444$ ,  $\tau_b=0.00$ ,  $p=1.000$ ) et la comparaison des traitements ne montre pas de supériorité du traitement ON sur le traitement OFF ni en vitesse ( $\tau_{ab}=0.15$ ,  $p=0.568$ ) ni en précision ( $\tau_{ab}=0.20$ ,  $p=0.461$ ).

Le réglage personnalisé proposé pour ce sujet ne fait pas apparaître de tendance et ne montre pas d'effet du traitement ON en vitesse ( $\tau_a=0.36$ ,  $p=0.330$ ;  $\tau_b=0.55$ ,  $p=0.126$ ;  $\tau_{ab}=0.26$ ,  $p=0.332$ ) ou en précision ( $\tau_a=0.28$ ,  $p=0.444$ ;  $\tau_b=0.21$ ,  $p=0.559$ ;  $\tau_{ab}=0.42$ ,  $p=0.121$ ).

## 2.6 Résultats globaux

Pour les 5 sujets, la plupart des résultats ne va pas dans le sens d'une amélioration due au traitement ON.

En lecture de texte, l'analyse visuelle montre que la vitesse des sujets 1, 2 et 4 semble plus grande puisqu'ils lisent plus de mots en 2 minutes avec lunettes ON qu'avec lunettes OFF. En précision, aucun des sujets n'a de diminution notable du nombre d'erreurs. Au contraire, les sujet 3 et 4 présentent une légère aggravation du manque de précision. Rien n'est observable pour le sujet 5. L'analyse binomiale réalisée sur la totalité des points de mesure en lecture de texte, confondant les points de mesure de tous les sujets, donne pour résultat un total de 15 points d'amélioration sur 40 points de mesures ( $p=0.15$ ). Du fait de la p-value à 0.15, l'hypothèse nulle d'une distribution des succès et des échecs au niveau du hasard ne peut être rejetée. Ainsi, 15/40 est compatible avec le niveau du hasard et il n'est pas possible de dire que ces résultats vont dans le sens d'une amélioration car moins de la moitié des points sont améliorés.

En lecture de liste en traitement ON, une tendance significative à l'amélioration est observée en précision pour le sujet 1 au fur et à mesure des lectures sans impact sur la vitesse. Une tendance positive s'observe en vitesse pour le sujet 2, sans impact sur la précision. Cependant la tendance relevée pour ce deuxième sujet n'est plus retrouvée après la personnalisation du réglage. Le sujet 1 présente en outre une tendance positive en vitesse avec le traitement OFF sans impact sur la précision. Enfin, les autres sujets ne laissent apparaître aucune tendance. Il n'est alors pas possible d'affirmer qu'une tendance à l'amélioration soit due aux lunettes. Pour tous les sujets, les résultats de comparaison de traitement ON/OFF en lecture de listes ne

permettent pas de dire que le traitement ON est supérieur en vitesse et/ou précision au traitement OFF, même après le second réglage proposé à trois sujets.

### 3 Types de mots

**Tableau 9**

*Types d'erreurs*

|         |     | CF | CnF | iCF | iCnF | LiCnF | total |
|---------|-----|----|-----|-----|------|-------|-------|
| sujet 1 | OFF | 1  | 5   | 0   | 0    | 0     | 6     |
|         | ON  | 0  | 3   | 0   | 2    | 4     | 9     |
| sujet 2 | OFF | 2  | 5   | 1   | 3    | 9     | 20    |
|         | ON  | 4  | 6   | 2   | 4    | 6     | 22    |
| sujet 3 | OFF | 2  | 6   | 2   | 4    | 6     | 20    |
|         | ON  | 1  | 4   | 0   | 3    | 5     | 13    |
| sujet 4 | OFF | 10 | 20  | 7   | 11   | 21    | 69    |
|         | ON  | 7  | 24  | 3   | 8    | 22    | 64    |
| sujet 5 | OFF | 2  | 13  | 1   | 6    | 12    | 34    |
|         | ON  | 0  | 15  | 0   | 5    | 10    | 30    |

CF : consistants fréquents ; CnF : consistants non fréquents ; iCF : inconsistants fréquents ; iCnF : inconsistants non fréquents ; LiCnF : mots longs inconsistants non fréquents.

Il n'y a pas d'impact important du traitement ON sur un type de mot en particulier : les sujets ont chacun un profil d'erreurs qui s'observe avec les deux traitements, sans changement. Par exemple, le sujet 5 fait peu d'erreurs en CF, iCF et iCnF et plus en CnF et LiCnF, peu importe le traitement. Pour autre exemple, le sujet 3 fait globalement moins d'erreurs avec le traitement ON mais sans baisse d'un type de mot en particulier.

### 4 Test de l'équivalence des listes

Afin de s'assurer de l'absence d'effet des listes, c'est-à-dire de leur équivalence, une ANOVA de Friedman (Friedman, 1940) a été réalisée. Elle constitue un test non paramétrique équivalent à une ANOVA à mesures répétées. Etant donné l'absence d'effet du traitement ON, les données en lecture des 12 listes par les 5 sujets sont utilisées indépendamment du traitement pour ce test statistique. Le résultat est qu'on ne peut rejeter l'hypothèse nulle d'une similitude de difficulté entre les 12 listes ( $\chi^2$  (N=5, df = 11) = 12,38, p=0.34).

## IV Discussion

### 1 Recontextualisation

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact en lecture de lunettes proposées pour la dyslexie (Le Floch & Ropars, 2017, 2020). Elles sont présentées sans indications sur les caractéristiques particulières des sujets pour lesquels elles pourraient avoir un

effet positif. Aussi, à l'aide de textes et de listes de mots appariés, des données ont été recueillies en lecture pour cinq sujets dyslexiques. La première hypothèse formulée était que d'après la littérature sur les confusions miroir et leur persistance explicable par un défaut de spécialisation de la VWFA, ces lunettes ne pourraient convenir à tous, mais plutôt à des profils mixtes ou VA. En effet, ces derniers peuvent présenter une absence de maturation de la VWFA en lien avec un défaut de connectivité entre les voies ventrale et dorsale. La deuxième hypothèse était que la discrimination visuelle des lettres devrait améliorer autant la lecture de texte que de mots, en vitesse comme en précision. La troisième était celle d'un effet indépendant du type de mots qui pourrait toutefois être moins fort sur les mots à la fois longs, non fréquents et irréguliers puisque leur lecture ne dépend pas seulement d'un bon décodage.

## **2 Discussion des résultats : *statu quo* des hypothèses**

### **2.1 Effets en lecture (H2)**

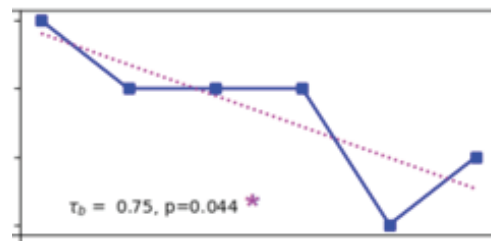
En lecture de texte comme de mots, en vitesse et en précision, les résultats ne permettent pas de montrer qu'il y a un effet clair, instantané et significatif des lunettes, même après adaptation du réglage. Des améliorations, à nuancer, ont été rapportées en traitement ON pour les sujets 1 et 2. En lecture de textes, ces enfants lisent un plus grand nombre de mots quand les lunettes sont allumées. En revanche, la précision n'est pas affectée d'après l'analyse visuelle. Il ne s'agit donc pas pour ces deux sujets d'une dégradation de la précision au profit de la vitesse, mais bien d'une amélioration de leur vitesse en traitement ON par rapport au traitement OFF. Cependant, l'amélioration d'une dizaine de mots ne paraît pas importante sur 2 minutes de lecture et pourrait être due au hasard. Le sujet 4 présente également une plus grande vitesse en lecture de texte avec le traitement ON. Mais elle est moins forte que pour les deux sujets précédents et s'accompagne d'une dégradation de la précision. Cela indique plutôt un changement de stratégie de lecture qu'une amélioration. En lecture de listes, c'est une tendance à l'amélioration significative qui a été observée pour les sujets 1 et 2. Cette analyse des tendances n'est pas la comparaison des deux traitements, mais simplement l'observation d'améliorations ou dégradations avec l'un ou l'autre traitement. Au niveau de la comparaison des traitements, aucune des données n'est significative. Il n'est donc pas possible de montrer un effet du port des lunettes allumées comparativement au port des lunettes éteintes, mais simplement quelques effets progressifs de liste en liste en vitesse ou précision avec le traitement ON. Ainsi,



au fur et à mesure de la passation, le premier sujet a une meilleure précision ( $T_b=0.75$  ;  $p=0.044$ ) et le deuxième une meilleure vitesse ( $T_b = 0.89$  ;  $p=0.016$ ). Ces résultats sont également à nuancer en raison de la fragilité des tendances. Précisément, une tendance à l'amélioration est observable pour le sujet 1 en vitesse avec le traitement OFF. De ce fait, il n'est pas possible de conclure à un effet particulier du traitement ON sur les tendances. C'est également ce que montre la disparition au deuxième réglage de la tendance significative observée avec le réglage initial pour le sujet 2. Ainsi, les tendances peuvent s'expliquer par les fluctuations statistiques normales. Pour autre exemple, si le sujet 1 avait été plus fatigué ou moins performant au cinquième point de mesure en précision, la tendance significative aurait disparu (figure 9).

### Figure 9

*Exemple de tendance en traitement ON*



Le second réglage n'a pas pu être proposé au sujet 1, non disponible pour une deuxième session. L'amélioration tendancielle observée chez cette enfant aurait peut-être elle aussi disparu avec de nouvelles mesures. Les autres sujets ne présentent quant à eux aucun effet. Le sujet 4 présente même une tendance à la dégradation de sa précision en cours de lecture de listes avec le traitement ON. Elle est peu significative au premier réglage et significative avec le réglage personnalisé. Pourtant, la lecture de 6 listes a pu être réalisée en traitement ON, comparée à 6 autres en traitement OFF, constituant une ébauche de traitement alterné de type SCED. De plus, ces mesures ont été répétées une fois pour trois sujets, constituant autant de données sans preuves d'impact du traitement ON dans les conditions de l'étude pour les 5 sujets évalués. Si les résultats ne montrent pas d'amélioration, cela ne veut pas dire qu'ils prouvent une absence d'effet pour ces sujets : H2 ne peut être validée ou rejetée.

## 2.2 Effets selon le profil (H1 et H2)

L'absence d'effets observables peut s'expliquer par les profils des enfants recrutés. Au niveau cognitif, les sujets 1, 3 et 5 ont un seuil de détection fragile au test de l'EVA (Launay et al., 2018), pouvant relever d'un déficit d'attention plus temporelle que

spatiale, lequel ne serait possiblement pas compensé par les lunettes étant donné leur rôle supposé dans la perception visuelle spatiale des éléments d'après Le Floch et Ropars (2017) et d'après la littérature. De plus, ces trois sujets ne présentent pas de déficit au test PVSE ni d'EVA pathologique. En regard de la littérature et de l'hypothèse formulée sur les profils (H1), cela expliquerait que les lunettes n'apportent rien à ces sujets. Bien qu'ayant un profil mixte, les sujets 2 et 4 n'ont eux non plus pas une meilleure précision ou vitesse en lecture significative avec le traitement ON. Mais leur atteinte à l'épreuve d'EVA ne relève que de la fragilité et pas du trouble. De plus, leur score au PVSE est dans la norme. Outre les caractéristiques cognitives, les comorbidités relevées (Annexe B) pourraient expliquer l'absence d'apport de l'outil. Les sujets 2 et 4 présentent un TDC diagnostiqué, avec un TDA pour le sujet 4, et le sujet 3 est diagnostiqué haut potentiel intellectuel (HPI), des comorbidités les excluant peut-être de la population pouvant bénéficier d'un effet. Le sujet 1 pourrait être plutôt un faible lecteur (Leloup et al., 2022) qu'un dyslexique du fait de l'absence de trouble cognitif sous-jacent ou de la présence suspectée par l'entourage de TDAH ou HPI. Aucune comorbidité n'est évoquée pour le sujet 5 pour qui l'explication d'une absence d'effet peut résider dans le déficit phonologique pur.

D'après la revue de la littérature, les sujets peuvent présenter de nombreuses différences interindividuelles, observables dans la population de ce mémoire. La définition des caractéristiques nécessaires pour un bénéfice de cette technologie paraît à la fois essentielle et difficile à établir. La seule donnée particulière des sujets de l'étude de Le floch et Ropars (2017), sur lesquels la technologie de scintillement a eu un effet, semble être l'absence de dominance oculaire qu'aucun des sujets ayant participé à ce mémoire ne présente. Elle n'a par ailleurs pas été observée dans les études rapportées par Corballis et Beale (1977, 2020).

### **2.3 Types de mots (H3)**

La troisième hypothèse était une absence de différence d'effet entre les types de mots sur le nombre d'erreurs avec peut-être une moindre amélioration des mots à la fois longs, inconsistants et non fréquents (LiCnF). Aucun type de mot n'est plus amélioré ou dégradé qu'un autre et il n'y a pas de diminution moindre des erreurs en lecture de mots LiCnF comparativement aux erreurs sur les autres types de mots. Toutefois, il n'y a d'effet sur aucun mot, ce qui ne permet pas de statuer sur cette hypothèse.

### **3 Limites et perspectives**

#### **3.1 Critique de la recherche menée et suggestions d'ajustements**

##### **3.1.1 *Peu de mesures et faible significativité des résultats.***

Les limites de cette étude résident notamment dans le faible effectif. Cela impacte la significativité en conduisant à une simple observation de courbes pour l'analyse par sujet en lecture de texte. Le test binomial a été réalisé afin d'observer une amélioration sur un plus grand nombre de mesures (15/40 au total pour les 5 sujets confondus). Toutefois, il ne s'agit pas véritablement des conditions d'application de ce test-là car les mesures ne sont pas toutes indépendantes : certaines appartiennent aux mêmes sujets et les points de mesures ne sont pas équivalents puisqu'ils correspondent à un nombre de mots lus et d'erreurs par tranches de 30 secondes. De ce fait, chaque point n'est pas équivalent en structures syntaxiques et en lexique selon la vitesse inter et intra-sujets. Les textes étant appariés mot par mot, ils auraient pu être sectionnés de manière à constituer des parties identiques, constituant donc des mesures plus indépendantes. Cette segmentation donnant plus de points de mesure, il aurait peut-être été possible de conclure à un effet sur la vitesse en lecture des sujets 1 et 2, ce qui n'est pas possible statistiquement avec les résultats présents et avec seulement deux occurrences de chaque traitement. En lecture de listes, plus de points de mesure, soit plus de listes, aurait également permis une meilleure significativité. C'est le cas pour le sujet 3 qui commet au total 20 erreurs avec le traitement OFF contre 13 en traitement ON. La comparaison statistique des traitements sur la précision en lecture de liste pour ce sujet n'a rien montré de significatif. Afin d'obtenir plus de points de mesure, en lecture de textes comme de listes, et dans la perspective d'une poursuite de cette recherche, il serait intéressant de tester uniquement l'une des modalités (textes ou listes). Cela permettrait de réaliser un plus grand nombre de mesures sans allonger la durée de passation, déjà longue (2 heures). Cependant, un apport des lunettes instantané, tel que déterminé par les auteurs (Le Floch & Ropars, 2020), aurait pu être plus visible avec une différence significative sur très peu de mesures, par exemple deux : l'une lunettes réglées, l'autre lunettes éteintes.

##### **3.1.2 *Autres axes d'évaluation : fluidité, compréhension et lexique.***

L'étude a dû être limitée dans ces axes d'observations d'éventuels effets des lunettes alors qu'en raison de l'absence d'études sur cet outil, tout serait à tester. Le fait qu'il n'y ait pas d'effet instantané peut signifier que les axes choisis (précision et vitesse en

lecture de textes et de mots) ne sont pas ceux que les lunettes amélioreraient. En perspective, trois axes se dégagent. Premièrement, si les lunettes n'améliorent pas le nombre d'erreurs, il est possible qu'elles diminuent le nombre d'autocorrections, c'est-à-dire le nombre d'erreurs corrigées oralement par le lecteur. Au niveau comportemental, les sujets ont eu l'air de modifier ainsi leur manière de lire avec le traitement ON, semblant s'attarder silencieusement sur les mots ou faire moins de répétitions de sons, syllabes ou mots comme « mon mon monsieur » mais plutôt « mon...sieur » donnant donc peut-être une meilleure fluidité à défaut d'une meilleure vitesse. Les autocorrections pourraient être comptées en alternance de traitement, avec pour base les données des 5 sujets, disponibles puisque les passations ont été enregistrées. Mais ce changement de comportement ressenti peut aussi s'expliquer par le scintillement en tant que phénomène nouveau sur l'œil du sujet. Bien qu'imperceptible, il engendre peut-être un état plus alerte des sujets. Deuxièmement, il est possible qu'une aide en lecture puisse améliorer la compréhension par libération de ressources cognitives. Troisièmement, l'hypothèse d'effet instantané est peut-être à revoir. D'après les modèles de lecture, comme le modèle multitraces (Ans et al., 1998) il est possible que l'effet se réalise plutôt à long terme, par mise à jour du lexique orthographique. Ce modèle propose un encodage de la forme des mots par renforcement progressif des connexions à chaque fois que le mot est rencontré, forme que la perception améliorée de l'orientation des lettres pourrait modifier.

### **3.1.3 Matériel : second réglage et validité des listes.**

Le réglage personnalisé proposé en deuxième rencontre a été réalisé par un commerçant des lunettes. Il s'agit d'un réglage basé sur le ressenti du sujet en cours de lecture et sur l'avis du commerçant. Ce dernier observe les réactions du lecteur et adapte les paramètres de balance et vitesse, via l'application à laquelle sont connectées les lunettes, selon la facilité ou l'inconfort en lecture qu'il perçoit. Il s'agit donc d'un réglage subjectif. De surcroît, celui-ci se fait habituellement en plusieurs rencontres pour être affiné par le commerçant. Il est modifiable également de jours en jours par le lecteur. Or l'étude réalisée sur les 5 sujets n'a pas proposé cette configuration mais seulement un réglage en une session. Une étude sur une plus longue durée pourrait être pertinente, pour permettre à l'utilisateur et au commerçant de trouver le bon réglage. Toutefois, dans les paramètres de l'application, le réglage

de base (vitesse et balance à zéro) est marqué comme optimal pour la majorité des utilisateurs.

Concernant la validation des listes de mots appariés, une ANOVA de Friedman ne montre significativement pas de différence entre les listes. Toutefois, il ne s'agit pas d'une preuve qu'elles sont identiques. En effet, montrer une différence significative est plus facile que de prouver statistiquement une équivalence. Pour valider ces listes, il faudrait plus de sujets. Nonobstant, les résultats de cette étude ne se trouvent pas dans la comparaison entre les listes mais dans la combinaison des données de listes randomisées, ce qui permet d'atténuer un effet éventuel des listes.

### **3.1.4 Révision de la méthode.**

D'une part, une étude de groupe avec comparaison à un groupe témoin aurait eu un plus haut niveau de preuve. Mais les démarches se sont avérées trop longues par rapport aux délais de rendu de ce travail. Une étude de cas multiple a donc été conduite, permettant de comprendre l'effet d'un traitement sur des sujets présentant des différences interindividuelles comme rapporté dans la dyslexie. D'autre part, l'évaluation d'un traitement doit être faite en comparaison à un traitement placebo puisque tous les sujets, même dyslexiques, s'améliorent avec le temps (Barrouillet & Billard, 2017). L'absence de différence observée dans les résultats entre les traitements ON et OFF peut être causée par un effet placebo du simple port des lunettes. Cet effet est plus puissant quand un patient attend un progrès (Stone et al., 2005). Il est observable en lecture (Cardona et al., 2010) et semble plus fort chez les enfants que chez les adultes (Rheims et al., 2008). Les améliorations ressenties par certains utilisateurs pourraient ainsi être expliquées non pas par le réglage mais par le port des lunettes, qu'elles soient allumées ou éteintes. Pour vérifier cette hypothèse, trois traitements pourraient être proposés, sans lunettes, avec lunettes OFF et avec lunettes ON, mais dans une méthode en double aveugle. L'étude présente était en simple aveugle, constituant un biais du comportement de l'expérimentateur, pouvant être modifié involontairement du fait de sa connaissance des traitements, influençant alors les sujets (Chen et al., 2019). Mais ce dernier a tenté d'être le plus neutre possible et dans un rôle de manipulateur de réglages (factices). Enfin, la réalisation des tests en une passation est un biais. Espacer en plusieurs sessions permettrait de limiter l'impact du hasard ou de l'état ponctuel des sujets sur les résultats, comme une fatigue ou une motivation due au moment de la passation dans leur quotidien.

### **3.1.5 Sélection de la population.**

Il est possible que les lunettes n'aient absolument pas d'effet pour les 5 sujets et que cela soit confirmé même avec plus de mesures. Il ne s'agirait donc pas tant de modifier la méthode mais plutôt de tester des sujets estimant avoir un effet avec les lunettes. Ainsi, l'amélioration rapportée par des sujets ressentant un bénéfice, comme ceux partageant leurs témoignages en ligne, qu'elle soit en compréhension, fluidité, vitesse ou précision, pourrait être objectivée.

## **3.2 Perspectives en clinique**

### **3.2.1 La pratique basée sur les preuves.**

La pratique clinique basée sur les preuves dans le domaine du langage écrit est un aspect fondamental de l'exercice professionnel pour les orthophonistes d'après l'argumentaire scientifique et clinique à l'origine des premières Recommandations de Bonne Pratique d'Évaluation, de Prévention et de Remédiation des troubles du langage écrit chez l'enfant et l'adulte (Leloup et al., 2022). Cette pratique, répondant au principe de l'Evidence Based Practice (EBP), se base sur les preuves à la fois de la recherche et de la clinique et sur trois piliers que le praticien va interroger : pilier externe, interne et pilier patient (Maillart & Durieux, 2014). Le pilier externe concerne la littérature disponible, les recherches effectuées sur le sujet d'intérêt. En l'occurrence, l'outil proposé n'est présenté que dans une étude sur 30 dyslexiques adultes qui ne donne pas les résultats pour chaque sujet, ni les critères de sélection concernant la dyslexie. Faute de preuves, une part de la communauté scientifique ne recommande pas l'outil (Huron et al., 2021; Petit, 2021; Petit & Grossard, 2021). Le pilier interne se rapporte à l'expertise du clinicien. Il s'agit de pouvoir objectiver son intervention par des mesures précises. C'est ce qu'il a été tenté de faire dans ce mémoire, en mettant en place un protocole pour tester un outil au moyen de la création de listes appariées et d'un traitement alterné approchant du type SCED. Enfin, le pilier patient consiste à s'assurer d'un intérêt pour celui-ci et dans le cas présent, s'assurer que l'outil lui apporte quelque chose. Cette pratique d'EBP paraît essentielle pour répondre au besoin de conseils et de prises en charge adaptés auprès des patients et de leur entourage. Mais elle a des freins, identifiés dans une enquête d'analyse des pratiques d'orthophonistes (Durieux et al., 2013) : le manque de temps, de maîtrise de l'anglais et la complexité des ressources disponibles. Ces professionnels ont donc besoin de preuves, mais avec peu de temps disponible en dehors de leur pratique

clinique. Dans ce cadre, le mémoire a tenté de proposer une analyse des lunettes commercialisées.

### **3.2.2 Compréhension des profils cibles et de l'outil.**

En perspective d'une future pratique clinique basée sur les preuves, le pilier externe a été interrogé pour comprendre les profils cibles et le fonctionnement de l'outil. Mais faute de données, ces aspects ne peuvent qu'être discutés. Si les 5 sujets ne tirent pas de réels bénéfices du scintillement, d'autres l'ont fait, comme les 30 dyslexiques adultes de l'étude de Le Floch et Ropars (2017) ou encore la patiente réalisant des confusions w/m en lecture (McCloskey & Rapp, 2000). Ils ont tous une amélioration de la perception de l'orientation de lettres isolées, visible pour la patiente par moins de confusions visuelles et d'inversions de lettres en lecture (McCloskey & Rapp, 2000) et par un rétablissement des « capacités normales » de lecture des sujets de la récente étude, capacités non explicités. D'après Le Floch et Ropars (2017), les sujets concernés auraient tous une absence de dominance oculaire, laquelle n'avait pas été observée dans la littérature (Corballis & Beale, 1977, 2020; Gates & Bond, 1936). La revue de littérature montre qu'il s'agirait de mettre en lien la perception de miroir avec un défaut de latéralisation plutôt globale que simplement oculaire. En effet, la distinction gauche/droite sur son propre corps serait utilisée dans l'acquisition de cette distinction sur les objets externes, plus tardive et qui serait accomplie en effectuant des opérations cognitives, comme la rotation mentale, pour aligner ces objets selon l'axe corporel de l'observateur (Corballis & Beale, 2020; Jeffrey, 1958). Une latéralisation incomplète pourrait causer un mauvais balayage qui engendrerait lui-même le trouble en lecture, ce à quoi un traçage avec le doigt remédierait en produisant un feedback kinesthésique. Ce feedback alimenterait les représentations visuelles et permettrait l'enregistrement de la bonne orientation des formes. L'intérêt des lunettes pourrait être de jouer ce rôle de rétablissement du balayage sans l'utilisation du feedback kinesthésique, pour des dyslexiques ayant un défaut de latéralité globale. Mais les confusions miroirs et défauts de latéralisation ne sont présents que chez un maximum d'un quart des dyslexiques d'après des études à grande échelle rapportées par Corballis et Beale (1977, 2020). Ainsi, il est possible que seuls ces sujets bénéficient des lunettes. Une autre hypothèse serait que des dyslexiques déficitaires au test de perception visuo-spatiale élémentaire, PVSE (Pisella et al., 2013) tireraient profit de cette technologie, si l'absence de dominance



oculaire créait une difficulté dans la sélection des deux images monoculaires représentées au niveau de l'aire visuelle primaire (Kremkow et al., 2016; Lee et al., 2016), causant une incertitude de position visuelle, décrite chez les dyslexiques et testée dans le PVSE (Oszwa, 2006; Pisella et al., 2021; Winner et al., 2001). Dès lors, les lunettes permettraient peut-être de rétablir la certitude de position intra-objet, favorisant la disparition des perceptions d'images miroir, et inter-objet, améliorant le traitement de séquence de lettres, donc l'EVA (Vialatte, Yeshurun, et al., 2021), ce qui serait visible dans une activité de lecture. Dans une autre mesure, si l'ambiguïté de dominance ou les taches de Maxwell atypiques sont propres à la dyslexie comme défendu par Le Floch et Ropars (2017), un diagnostic précoce pourrait être posé. Enfin, si les perceptions miroirs en jeu pour cet outil pourraient causer la dyslexie, elles pourraient tout à fait en être une des conséquences. Alors, faire diminuer la perception de miroir ne résoudrait pas le trouble mais traiterai simplement une des manifestations, par ailleurs non présente chez tous les sujets.

## **V Conclusion**

L'objectif de cette étude était de mesurer l'impact en lecture des lunettes Lexilens en fonction des caractéristiques précises de sujets dyslexiques. Après comparaison du traitement ON (lunettes allumées) à un traitement OFF placebo (lunettes éteintes) présentés tous deux en alternance et simple aveugle, les résultats sont une absence de différence significative pour l'ensemble des sujets. Cela peut s'expliquer par des profils ne pouvant peut-être pas tirer de bénéfice de l'outil (profil de trouble phonologique, simple fragilité d'EVA ou encore comorbidités TDAH, TDC et HPI) ou par le manque de mesures. Etant donné la forte prévalence du trouble et le rôle de conseil des professionnels de soin, il paraît important de poursuivre les recherches. Pour de futurs travaux, proposer une mesure sans lunettes pour troisième traitement permettrait d'évaluer l'effet placebo du port des lunettes. Par ailleurs, tester spécifiquement des sujets rapportant ressentir un effet permettrait d'objectiver les ressentis. Cela serait à réaliser en condition de double aveugle et, dans le cadre d'étude de cas multiple, en traitement alterné, permettant au sujet d'être son propre contrôle, avec des mesures répétées et espacées au fil du temps pour permettre l'affinage du réglage sur du long terme et limiter les biais liés à l'état du sujet.



## Références

- American Psychiatric Association, Crocq, M.-A., Guelfi, J.-D., Boyer, P., Pull, C.-B., & Pull, M.-C. (2015). *DSM-5: Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (Elsevier Masson). <https://www.elsevier-masson.fr/dsm-5-manuel-diagnostique-et-statistique-des-troubles-mentaux-9782294739293.html>
- Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connectionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading. *Psychological Review*, 105(4), 678-723. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.105.4.678-723>
- Barrouillet, P., & Billard, C. (2017). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques*. 863.
- Bedoin, N. (2017). Rebalancing the global and local visuo-attentional analyses to improve reading in children with surface dyslexia. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 29, 276-294.
- Bedoin, N., Kéïta, L., Roussel, L., Herbillon, C., & Launay, V. (2010). *Diagnostic et remédiation d'un déficit d'inhibition des détails dans la dyslexie de surface* (p. 179-210).
- Bedoin, N., & Medina, F. (2013). *Switchipido© : Logiciel d'entraînement à l'alternance entre les traitements visuels local et global, et à l'inhibition volontaire des détails*. [www.gnosia.fr](http://www.gnosia.fr). <https://www.gnosia.fr/accueil/22-2-switchipido.html>
- Bedoin, N., & Medina, F. (2014). *Logiciel SIGL (Sélection et inhibition des traitements global et local)*. [www.gnosia.fr](http://www.gnosia.fr). <https://www.gnosia.fr/accueil/39-37-sigl.html>
- Bertoni, S., Franceschini, S., Ronconi, L., Gori, S., & Facoetti, A. (2019). Is excessive visual crowding causally linked to developmental dyslexia? *Neuropsychologia*, 130, 107-117. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.04.018>

- Boets, B., de Beeck, H. O., Vandermosten, M., Scott, S. K., Gillebert, C. R., Mantini, D., Bulthé, J., Sunaert, S., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2013). Intact but less Accessible Phonetic Representations in Adults with Dyslexia. *Science (New York, N.Y.)*, 342(6163), 1251-1254. <https://doi.org/10.1126/science.1244333>
- Bonin, P., Collay, S., & Fayol, M. (2008). La consistance orthographique en production verbale écrite : Une brève synthèse. *L'Année psychologique*, 108(03), 517. <https://doi.org/10.4074/S0003503308003059>
- Bosse, M.-L., Tainturier, M. J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia : The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104(2), 198-230. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.05.009>
- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2003). Patterns of developmental dyslexia according to a multi-trace memory model of reading. *Current Psychology Letters*. <https://journals.openedition.org/cpl/92>
- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance : A cross-sectional study. *Journal of Research in Reading*, 32, 230-253. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2008.01387.x>
- Bradley, L. (1985). *Rhyme and reason in reading and spelling*. <https://doi.org/10.3998/mpub.7194>
- Callens, M., Whitney, C., Tops, W., & Brysbaert, M. (2013). No deficiency in left-to-right processing of words in dyslexia but evidence for enhanced visual crowding. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, 66(9), 1803-1817. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.766898>
- Cardona, G., Borràs, R., Peris, E., & Castañé, M. (2010). A placebo-controlled trial of tinted lenses in adolescents with good and poor academic performance :

- Reading accuracy and speed. *Journal of Optometry*, 3(2), 94-101.  
[https://doi.org/10.1016/S1888-4296\(10\)70013-3](https://doi.org/10.1016/S1888-4296(10)70013-3)
- Carroll, J. M., Solity, J., & Shapiro, L. R. (2016). Predicting dyslexia using prereading skills: The role of sensorimotor and cognitive abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 57(6), 750-758.  
<https://doi.org/10.1111/jcpp.12488>
- Casalis, S., Leloup, G., & Bois Parriaud, F. (2019a). Chapitre 5 : Les prises en charge des troubles du langage écrit. In *Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant* (2<sup>o</sup> édition). ELSEVIER MASSON. <https://www.elsevier-masson.fr/prise-en-charge-des-troubles-du-langage-ecrit-chez-lenfant-9782294754203.html>
- Casalis, S., Leloup, G., & Bois Parriaud, F. (2019b). *Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant* (2<sup>o</sup> édition). ELSEVIER MASSON. <https://www.elsevier-masson.fr/prise-en-charge-des-troubles-du-langage-ecrit-chez-lenfant-9782294754203.html>
- Casco, C., & Prunetti, E. (1996). Visual search of good and poor readers : Effects with targets having single and combined features. *Perceptual and Motor Skills*, 82(3 Pt 2), 1155-1167. <https://doi.org/10.2466/pms.1996.82.3c.1155>
- Catts, H. (2018). Simple View of Reading The Simple View of Reading : Advancements and false impressions. *Remedial and Special Education*, 39.  
<https://doi.org/10.1177/0741932518767563>
- Chaix, Y. (2017). Quelle définition retenir de la dyslexie développementale en 2017. In S. Valdois, M. Habib, & V. Brun (Éds.), *Dyslexies développementales, évidences et nouveautés* (p. 9-13). Sauramps Medical.

- Chaumillon, R., Blouin, J., & Guillaume, A. (2014). Eye dominance influences triggering action: The Poffenberger paradigm revisited. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 58, 86-98. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2014.05.009>
- Chaumillon, R., Blouin, J., & Guillaume, A. (2018). Interhemispheric Transfer Time Asymmetry of Visual Information Depends on Eye Dominance: An Electrophysiological Study. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 72. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00072>
- Chen, P.-H. A., Cheong, J. H., Jolly, E., Elhence, H., Wager, T. D., & Chang, L. J. (2019). Socially transmitted placebo effects. *Nature Human Behaviour*, 3(12), 1295-1305. <https://doi.org/10.1038/s41562-019-0749-5>
- Cohen, L., & Dehaene, S. (2009). Ventral and dorsal contributions to word reading. In *The cognitive neurosciences, 4th ed* (p. 789-804). Massachusetts Institute of Technology.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204-256. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.1.204>
- Corballis, M. C. (2018). Mirror-Image Equivalence and Interhemispheric Mirror-Image Reversal. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 140. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00140>
- Corballis, M. C., & Beale, I. L. (1977). *The psychology of left and right* (p. x, 227). Lawrence Erlbaum.
- Corballis, M. C., & Beale, I. L. (2020). *The psychology of left and right* (2e éd.).

- Cornell, J. M. (1985). Spontaneous mirror-writing in children. *Canadian Journal of Psychology*, 174-179. <https://doi.org/10.1037/h0080122>
- Critchley, M. (1968). Developmental Dyslexia. *Pediatric Clinics of North America*, 15(3), 669-676. [https://doi.org/10.1016/S0031-3955\(16\)32168-X](https://doi.org/10.1016/S0031-3955(16)32168-X)
- Da Fonseca, D. (2018). Chapitre 11—Troubles des apprentissages et comorbidités. In P. Fourneret & D. Da Fonseca (Éds.), *Enfants DYS* (p. 189-200). Elsevier Masson. <https://doi.org/10.1016/B978-2-294-74877-6.00011-2>
- Daini, R., Primativo, S., Albonico, A., Veronelli, L., Malaspina, M., Corbo, M., Martelli, M., & Arduino, L. S. (2021). The Focal Attention Window Size Explains Letter Substitution Errors in Reading. *Brain Sciences*, 11(2), 247. <https://doi.org/10.3390/brainsci11020247>
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(6), 254-262. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.04.003>
- Dehaene, S., Cohen, L., Morais, J., & Kolinsky, R. (2015). Illiterate to literate : Behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature Reviews. Neuroscience*, 16(4), 234-244. <https://doi.org/10.1038/nrn3924>
- Dehaene, S., Nakamura, K., Jobert, A., Kuroki, C., Ogawa, S., & Cohen, L. (2010). Why do children make mirror errors in reading? Neural correlates of mirror invariance in the visual word form area. *NeuroImage*, 49(2), 1837-1848. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.09.024>
- Dole, M., Meunier, F., & Hoen, M. (2013). Gray and white matter distribution in dyslexia : A VBM study of superior temporal gyrus asymmetry. *PloS One*, 8(10), e76823. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076823>

- Durieux, N., Pasleau, F., Vandenput, S., & Maillart, C. (2013). Les orthophonistes utilisent-ils les données issues de la recherche scientifique ? Analyse des pratiques afin d'ajuster la formation universitaire en Belgique. *Glossa*. <https://www.glossa.fr/index.php/glossa/article/view/588>
- Écalle, J., & Magnan, A. (2021a). Chapitre 1. Les connaissances précoces implicites et explicites. *Education Sup*, 3, 19-83.
- Écalle, J., & Magnan, A. (2021b). Chapitre 2. De l'identification de mots écrits à la compréhension. *Education Sup*, 3, 85-159.
- Écalle, J., & Magnan, A. (2021c). Chapitre 3. L'évaluation de la lecture et des compétences associées. *Education Sup*, 3, 161-183.
- Eysseric, J., & Keller, M. (2012). *Impact d'une remédiation visuo-attentionnelle auprès d'enfants dyslexiques de surface* [Ressource électronique]. Bibliothèque Lyon 1.
- Franceschini, S., Bertoni, S., Giancesini, T., Gori, S., & Facoetti, A. (2017). A different vision of dyslexia : Local precedence on global perception. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17626-1>
- Friedman, M. (1940). A Comparison of Alternative Tests of Significance for the Problem of  $m$  Rankings. *The Annals of Mathematical Statistics*, 11(1), 86-92. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177731944>
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. *Developmental dyslexia*, 13.
- Gallagher, A., Laxon, V., Armstrong, E., & Frith, U. (1996). *Phonological difficulties in high-functioning dyslexics*. <https://doi.org/10.1007/BF00577025>
- Galliussi, J., Perondi, L., Chia, G., Gerbino, W., & Bernardis, P. (2020). Inter-letter spacing, inter-word spacing, and font with dyslexia-friendly features : Testing

- text readability in people with and without dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 70(1), 141-152. <https://doi.org/10.1007/s11881-020-00194-x>
- Gates, A. I., & Bond, G. L. (1936). Relation of handedness, eye-sighting and acuity dominance to reading. *Journal of Educational Psychology*, 27(6), 450-456. <https://doi.org/10.1037/h0057820>
- Goldstein-Marcusohn, Y., Goldfarb, L., & Shany, M. (2020). Global and Local Visual Processing in Rate/Accuracy Subtypes of Dyslexia. *Frontiers in Psychology*, 11, 828. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00828>
- Habib, M. (2018). *Dyslexie de développement*. 1-12.
- Handa, T., Mukuno, K., Uozato, H., Niida, T., Shoji, N., & Shimizu, K. (2004). Effects of dominant and nondominant eyes in binocular rivalry. *Optometry and Vision Science: Official Publication of the American Academy of Optometry*, 81(5), 377-383. <https://doi.org/10.1097/01.opx.0000135085.54136.65>
- Hannagan, T., Agrawal, A., Cohen, L., & Dehaene, S. (2021). Emergence of a compositional neural code for written words : Recycling of a convolutional neural network for reading. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(46), e2104779118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2104779118>
- He, Y., & Legge, G. E. (2017). Linking crowding, visual span, and reading. *Journal of Vision*, 17(11), 11. <https://doi.org/10.1167/17.11.11>
- Huron, C., Ramus, F., Dehaene, S., Sprenger-Charolles, L., Ziegler, J. C., Delorme, R., Glasel, H., & Mazeau, M. (2021). *Les lampes et lunettes conçues pour les enfants dyslexiques : Que dit la recherche ? Note du Conseil scientifique de l'éducation nationale*. Conseil scientifique de l'éducation nationale. [https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user\\_upload/Projets/conseil\\_scientifique\\_education\\_nation](https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nation)

ale/Note\_CSEN\_2021\_01.pdf?fbclid=IwAR3hnKqDBtGWoS6heFFDwnmmOw  
102JltrIVoQrIO8ppL3D\_\_j0z6AK2HPU#/

Inserm. (2007). Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques. In *Collection Expertise collective Inserm*. Les éditions Inserm.  
<https://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/110>

Jacquier-Roux, M., Valdois, S., Zorman, M., Lequette, C., & Pouget, G. (2005).  
*ODEDYS Outil de dépistage des dyslexies Version 2*.

Jednoróg, K., Gawron, N., Marchewka, A., Heim, S., & Grabowska, A. (2014).  
Cognitive subtypes of dyslexia are characterized by distinct patterns of grey  
matter volume. *Brain Structure & Function*, 219(5), 1697-1707.  
<https://doi.org/10.1007/s00429-013-0595-6>

Jeffrey, W. E. (1958). Variables in early discrimination learning : I. Motor responses in  
the training of a left-right discrimination. *Child Development*, 29(2), 269-275.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1958.tb04884.x>

Khan, A. Z., Prost-Lefebvre, M., Salemme, R., Blohm, G., Rossetti, Y., Tilikete, C., &  
Pisella, L. (2016). The Attentional Fields of Visual Search in Simultanagnosia  
and Healthy Individuals : How Object and Space Attention Interact. *Cerebral  
Cortex* (New York, N.Y.: 1991), 26(3), 1242-1254.  
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhv059>

Knoop-van Campen, C. A. N., Segers, E., & Verhoeven, L. (2018). How phonological  
awareness mediates the relation between working memory and word reading  
efficiency in children with dyslexia. *Dyslexia (Chichester, England)*, 24(2),  
156-169. <https://doi.org/10.1002/dys.1583>

Kolinsky, R., Morais, J., Cohen, L., Dehaene-Lambertz, G., & Dehaene, S. (2014).  
L'influence de l'apprentissage du langage écrit sur les aires du langage/The



- impact of literacy on the language brain areas. *Revue de Neuropsychologie*.  
<https://doi.org/10.1684/nrp.2014.0306>
- Kremkow, J., Jin, J., Wang, Y., & Alonso, J. M. (2016). PRINCIPLES UNDERLYING SENSORY MAP TOPOGRAPHY IN PRIMARY VISUAL CORTEX. *Nature*, 533(7601), 52-57. <https://doi.org/10.1038/nature17936>
- Landerl, K., Ramus, F., Moll, K., Lyytinen, H., Leppänen, P. H. T., Lohvansuu, K., O'Donovan, M., Williams, J., Bartling, J., Bruder, J., Kunze, S., Neuhoff, N., Tóth, D., Honbolygó, F., Csépe, V., Bogliotti, C., Iannuzzi, S., Chaix, Y., Démonet, J.-F., ... Schulte-Körne, G. (2013). Predictors of developmental dyslexia in European orthographies with varying complexity. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 54(6), 686-694. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12029>
- Launay, L. (2018). Du DSM-5 au diagnostic orthophonique : Élaboration d'un arbre décisionnel. *Rééducation orthophonique*, 273, pp.71-89.
- Launay, L., Maeder, C., Roustit, J., & Touzin, M. (2018a). *EVALEO 6-15 : Evaluation du langage écrit et oral pour les enfants et adolescents de 6 à 15 ans*. Isbergues, OrthoEdition. <https://www.orthoedition.com/evaluations/evaleo-4191.html>
- Le Floch, A., & Ropars, G. (2017). Left–right asymmetry of the Maxwell spot centroids in adults without and with dyslexia. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1865). <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.1380>
- Le Floch, A., & Ropars, G. (2020). Le manque d'asymétrie des centroïdes de Maxwell, et de dominance oculaire, chez les dyslexiques. *Revue Francophone d'Orthoptie*, 13(3), 134-138. <https://doi.org/10.1016/j.rfo.2020.07.011>

- Le Floch, A., Ropars, G., Enoch, J., & Lakshminarayanan, V. (2010). The polarization sense in human vision. *Vision Research*, 50(20), 2048-2054. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.07.007>
- Lee, K.-S., Huang, X., & Fitzpatrick, D. (2016). Topology of ON and OFF inputs in visual cortex enables an invariant columnar architecture. *Nature*, 533(7601), 90-94. <https://doi.org/10.1038/nature17941>
- Leloup, G. (2018). Chapitre 10 : Les différentes approches dans les prises en charge orthophoniques. In S. Casalis, F. Bois Parriaud, E. Cavalli, Y. Chaix, P. Colé, L. Sprenger-Charolles, A. Szmalec, S. Valdois, & R. Zoubrinetzky (Éds.), *Les dyslexies* (Elsevier Masson). <https://www.elsevier-masson.fr/les-dyslexies-9782294752797.html>
- Leloup, G., Launay, L. & Witko, A. (2022). Argumentaire scientifique et clinique, In Recommandations de bonne pratique d'Evaluation, Prévention et Remédiation des troubles du langage écrit chez l'enfant et chez l'adulte, *Collège Français d'Orthophonie (Dir)*, pp.7-190, Isbergues : OrthoEdition.Lobier, M., Peyrin, C., Le Bas, J.-F., & Valdois, S. (2012). Pre-orthographic character string processing and parietal cortex : A role for visual attention in reading? *Neuropsychologia*, 50(9), 2195-2204. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.05.023>
- Lobier, M., Peyrin, C., Pichat, C., Le Bas, J.-F., & Valdois, S. (2014). Visual processing of multiple elements in the dyslexic brain : Evidence for a superior parietal dysfunction. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00479>
- Lobier, M., Zoubrinetzky, R., & Valdois, S. (2012). The visual attention span deficit in dyslexia is visual and not verbal. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the*

- Nervous System and Behavior*, 48(6), 768-773.  
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.09.003>
- Lovett, M. W. (1984). A developmental perspective on reading dysfunction : Accuracy and rate criteria in the subtyping of dyslexic children. *Brain and Language*, 22(1), 67-91. [https://doi.org/10.1016/0093-934x\(84\)90080-4](https://doi.org/10.1016/0093-934x(84)90080-4)
- Lyon, G., Shaywitz, S., & Shaywitz, B. (2003). A Definition of Dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 53, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11881-003-0001-9>
- Maeder, C., Roustit, J., Launay, L., & Touzin, M. (2018b). *Evaleo, Livret de l'utilisateur. Notes méthodologiques, théoriques et statistiques*. Isbergues : OrthoEdition.  
<https://www.orthoedition.com/evaluations/evaleo-4191.html>
- Maillart, C., & Durieux, N. (2014). L'évidence-based practice à portée des orthophonistes : Intérêt des recommandations pour la pratique clinique. *Rééducation Orthophonique*, 257. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/164564>
- Majerus, S., & Cowan, N. (2016). The Nature of Verbal Short-Term Impairment in Dyslexia : The Importance of Serial Order. *Frontiers in Psychology*, 7, 1522. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01522>
- Martelli, M., Di Filippo, G., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading, and developmental dyslexia. *Journal of Vision*, 9(4), 14.1-18. <https://doi.org/10.1167/9.4.14>
- Martin, J., Colé, P., Christel, L., Casalis, S., Zorman, M., & Sprenger-Charolles, L. (2010). Reading in French-speaking adults with dyslexia. *Annals of dyslexia*, 60, 238-264. <https://doi.org/10.1007/s11881-010-0043-8>
- Mazeau, M., & Pouhet, A. (2021). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant : Du développement typique aux « dys- »* (3<sup>e</sup> édition). ELSEVIER MASSON.

- Mazeau, M., Pouhet, A., & Ploix Maes, E. (2021a). Chapitre 1—Fonctions cognitives et apprentissages. In M. Mazeau, A. Pouhet, & E. Ploix Maes (Éds.), *Neuropsychologie et Troubles des Apprentissages Chez L'enfant (Troisième Édition)* (p. 1-65). Elsevier Masson. <https://doi.org/10.1016/B978-2-294-76706-7.00001-1>
- Mazeau, M., Pouhet, A., & Ploix Maes, E. (2021b). Chapitre 6—Langage écrit, acquisition et troubles. In M. Mazeau, A. Pouhet, & E. Ploix Maes (Éds.), *Neuropsychologie et Troubles des Apprentissages Chez L'enfant (Troisième Édition)* (p. 417-501). Elsevier Masson. <https://doi.org/10.1016/B978-2-294-76706-7.00006-0>
- McCloskey, M., & Rapp, B. (2000). A Visually Based Developmental Reading Deficit. *Journal of Memory and Language*, 43, 157-181. <https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2724>
- McGrath, L. M., & Stoodley, C. J. (2019). Are there shared neural correlates between dyslexia and ADHD? A meta-analysis of voxel-based morphometry studies. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 11(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s11689-019-9287-8>
- Meyniel, C. (2020). Les mécanismes cérébraux de la lecture. *Revue Francophone d'Orthoptie*, 13(1), 42-45. <https://doi.org/10.1016/j.rfo.2019.07.004>
- Minucci, P. K., & Connors, M. M. (1964). REACTION TIME UNDER THREE VIEWING CONDITIONS: BINOCULAR, DOMINANT EYE, AND NONDOMINANT EYE. *Journal of Experimental Psychology*, 67, 268-275. <https://doi.org/10.1037/h0039953>
- Misson, G. P., Temple, S. E., & Anderson, S. J. (2020). Polarization perception in humans: On the origin of and relationship between Maxwell's spot and

- Haidinger's brushes. *Scientific Reports*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56916-8>
- Moll, K., & Jones, M. (2013). Naming fluency in dyslexic and nondyslexic readers : Differential effects of visual crowding in foveal, parafoveal, and peripheral vision. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, 66(11), 2085-2091. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.840852>
- Moulton, E., Bouhali, F., Monzalvo, K., Poupon, C., Zhang, H., Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G., & Dubois, J. (2019). Connectivity between the visual word form area and the parietal lobe improves after the first year of reading instruction : A longitudinal MRI study in children. *Brain Structure & Function*, 224(4), 1519-1536. <https://doi.org/10.1007/s00429-019-01855-3>
- Navon, D. (1977). Forest before trees : The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9(3), 353-383. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(77\)90012-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(77)90012-3)
- Nishimura, M., Scherf, K. S., Zachariou, V., Tarr, M. J., & Behrmann, M. (2015). Size precedes view : Developmental emergence of invariant object representations in lateral occipital complex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(3), 474-491. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_00720](https://doi.org/10.1162/jocn_a_00720)
- Olson, R., Kliegl, R., Davidson, B., & Foltz, G. (1985). Individual and developmental differences in reading disability. *Reading research : advances in theory and practice, Vol. 4. - San Diego : Academic, 1985, S. 1-64.*
- Olson, R., Wise, B., Conners, F., Rack, J., & Fulker, D. (1989). Specific deficits in component reading and language skills : Genetic and environmental influences. *Journal of Learning Disabilities*, 22(6), 339-348. <https://doi.org/10.1177/002221948902200604>

- Oszwa, U. (2006). *Mathematical, linguistic and visuospatial skills in Polish children with specific learning disabilities in reading and arithmetic*. 4, 286-295.
- Pacton, S., & Afonso Jaco, A. (2015). Comment les enfants apprennent-ils l'orthographe des mots ? *Revue Française de Linguistique Appliquée*, XX. <https://doi.org/10.3917/rfla.202.0051>
- Parker, R., Vannest, K., Davis, J., & Sauber, S. (2011). Combining Nonoverlap and Trend for Single-Case Research : Tau-U. *Behavior therapy*, 42, 284-299. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2010.08.006>
- Paulesu, E., Danelli, L., & Berlinger, M. (2014). Reading the dyslexic brain : Multiple dysfunctional routes revealed by a new meta-analysis of PET and fMRI activation studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 830. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00830>
- Peereman, R., Lété, B., & Sprenger-Charolles, L. (2007). Manulex-Infra : Distributional characteristics of grapheme-phoneme mappings, infra-lexical and lexical units in child-directed written material. *Behavior research methods*, 39, 579-589. <https://doi.org/10.3758/BF03193029>
- Petersen, S. E., Corbetta, M., Miezin, F. M., & Shulman, G. L. (1994). PET studies of parietal involvement in spatial attention : Comparison of different task types. *Canadian Journal of Experimental Psychology = Revue Canadienne De Psychologie Experimentale*, 48(2), 319-338. <https://doi.org/10.1037/1196-1961.48.2.319>
- Petit, N. (2021, février 4). *Preuves et convictions en santé : Mise au point sur Lexilens*. Mediapart. <https://blogs.mediapart.fr/npetit/blog/040221/preuves-et-convictions-en-sante-mise-au-point-sur-lexilens-0>

- Petit, N., & Grossard, C. (2021, février 5). Une lampe ou des lunettes facilitant la lecture des personnes présentant une dyslexie? Un état des lieux des preuves scientifiques [Www.unadreo.org]. *UNADREO*. <https://www.unadreo.org/wp-content/uploads/2021/03/lexilens-1.pdf>
- Peyrin, C., Démonet, J. F., N'Guyen-Morel, M. A., Le Bas, J. F., & Valdois, S. (2011). Superior parietal lobule dysfunction in a homogeneous group of dyslexic children with a visual attention span disorder. *Brain and Language*, *118*(3), 128-138. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2010.06.005>
- Phénix, T., Diard, J., & Valdois, S. (2016). Les modèles computationnels de lecture. In *Traité de neurolinguistique* (p. 167-182). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01420329>
- Pisella, L., André, V., Gavault, E., Le Flem, A., Luc-Pupat, E., Glissoux, C., Barrière, A., Vindras, P., Rossetti, Y., & Gonzalez-Monge, S. (2013). A test revealing the slow acquisition and the dorsal stream substrate of visuo-spatial perception. *Neuropsychologia*, *51*(1), 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.11.015>
- Pisella, L., Martel, M., Roy, A. C., Vuillerot, C., & Gonzalez-Monge, S. (2020). Validation of a simple screening test for elementary visuo-spatial perception deficit. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *63*(4), 302-308. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.03.006>
- Pisella, L., Vialatte, A., Martel, M., Prost-Lefebvre, M., Caton, M.-C., Stalder, M., Yssad, R., Roy, A. C., Vuillerot, C., & Gonzalez-Monge, S. (2021). Elementary visuospatial perception deficit in children with neurodevelopmental disorders. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *63*(4), 457-464. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14743>

- Porac, C., & Coren, S. (1982). The relationship between sighting dominance and the fading of a stabilized retinal image. *Perception & Psychophysics*, 32(6), 571-575. <https://doi.org/10.3758/bf03204212>
- Porac, C., Whitford, F. W., & Coren, S. (1976). The relationship between eye dominance and monocular acuity: An additional consideration. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 53(12), 803-806. <https://doi.org/10.1097/00006324-197612000-00007>
- Provazza, S., Adams, A.-M., Giofrè, D., & Roberts, D. J. (2019). Double Trouble : Visual and Phonological Impairments in English Dyslexic Readers. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02725>
- Ramus, F. (2018). Difficultés en lecture et dyslexie : Comment intervenir avant même un diagnostic ? *Administration Education*, N° 157(1), 109-117.
- Ramus, F., & Szenkovits, G. (2008). What Phonological Deficit? *Quarterly journal of experimental psychology* (2006), 61, 129-141. <https://doi.org/10.1080/17470210701508822>
- Reilhac, C., Peyrin, C., Démonet, J.-F., & Valdois, S. (2013). Role of the superior parietal lobules in letter-identity processing within strings : FMRI evidence from skilled and dyslexic readers. *Neuropsychologia*, 51(4), 601-612. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.12.010>
- Rheims, S., Cucherat, M., Arzimanoglou, A., & Ryvlin, P. (2008). Greater response to placebo in children than in adults : A systematic review and meta-analysis in drug-resistant partial epilepsy. *PLoS Medicine*, 5(8), e166. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0050166>
- Riddoch, M. J., Humphreys, G. W., Akhtar, N., Allen, H., Bracewell, R. M., & Schofield, A. J. (2008). A tale of two agnosias : Distinctions between form and integrative



- agnosia. *Cognitive Neuropsychology*, 25(1), 56-92.  
<https://doi.org/10.1080/02643290701848901>
- Rusiak, P., Lachmann, T., Jaskowski, P., & van Leeuwen, C. (2007). Mental rotation of letters and shapes in developmental dyslexia. *Perception*, 36(4), 617-631.  
<https://doi.org/10.1068/p5644>
- Seidenberg, M., & McClelland, J. (1989). A Distributed, Developmental Model of Word Recognition and Naming. *Psychological review*, 96, 523-568.  
<https://doi.org/10.1037//0033-295X.96.4.523>
- Seijas, O., Gómez de Liaño, P., Gómez de Liaño, R., Roberts, C. J., Piedrahita, E., & Diaz, E. (2007). Ocular dominance diagnosis and its influence in monovision. *American Journal of Ophthalmology*, 144(2), 209-216.  
<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.03.053>
- Shany, M., & Breznitz, Z. (2011). Rate- and accuracy-disabled subtype profiles among adults with dyslexia in the Hebrew orthography. *Developmental Neuropsychology*, 36(7), 889-913.  
<https://doi.org/10.1080/87565641.2011.606410>
- Shaywitz, B. A., Skudlarski, P., Holahan, J. M., Marchione, K. E., Constable, R. T., Fulbright, R. K., Zelterman, D., Lacadie, C., & Shaywitz, S. E. (2007). Age-related changes in reading systems of dyslexic children. *Annals of Neurology*, 61(4), 363-370. <https://doi.org/10.1002/ana.21093>
- Shaywitz, S., Shaywitz, B., Wietecha, L., Wigal, S., McBurnett, K., Williams, D., Kronenberger, W. G., & Hooper, S. R. (2017). Effect of Atomoxetine Treatment on Reading and Phonological Skills in Children with Dyslexia or Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Comorbid Dyslexia in a Randomized,

- Placebo-Controlled Trial. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, 27(1), 19-28. <https://doi.org/10.1089/cap.2015.0189>
- Shenker, J. I., & Roberts, M. H. (2016). Simultanagnosia : When all you can see are trees, the forest still rules. *Neurocase*, 22(3), 289-293. <https://doi.org/10.1080/13554794.2015.1137949>
- Shneur, E., & Hochstein, S. (2006). Eye dominance effects in feature search. *Vision Research*, 46(25), 4258-4269. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2006.08.006>
- Shneur, E., & Hochstein, S. (2008). Eye dominance effects in conjunction search. *Vision Research*, 48(15), 1592-1602. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2008.04.021>
- Snowling, M. J., & Hulme, C. (2012). Annual research review : The nature and classification of reading disorders--a commentary on proposals for DSM-5. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 53(5), 593-607. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2011.02495.x>
- Spinelli, D., De Luca, M., Judica, A., & Zoccolotti, P. (2002). Crowding effects on word identification in developmental dyslexia. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 38(2), 179-200. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70649-x](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70649-x)
- Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2013). *Lecture et dyslexie*. Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.spren.2013.01>
- Stone, D. A., Kerr, C. E., Jacobson, E., Conboy, L. A., & Kaptchuk, T. J. (2005). Patient expectations in placebo-controlled randomized clinical trials. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 11(1), 77-84. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2004.00512.x>

- Swan, D., & Goswami, U. (1997). Phonological awareness deficits in developmental dyslexia and the phonological representations hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 66(1), 18-41.  
<https://doi.org/10.1006/jecp.1997.2375>
- Uehara, I. (2013). Left-Right and Up-Down Mirror Image Confusion in 4-, 5- and 6-Year-Olds. *Psychology*, 4(10), 736-740.  
<https://doi.org/10.4236/psych.2013.410104>
- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). *Two cortical visual systems*. D. J. Ingle, M. A. Goodale, R. J. W. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behavior* (). Cambridge: MIT Press., 549-586.
- Valdois, S. (2014). Qu'entendre par déficit visuo-attentionnel en contexte dyslexique. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*, 128, 27-35.
- Valdois, S. (2018). Chapitre 5 : Les troubles visuels en contexte dyslexique : Existe-t-il des dyslexiques d'origine visuelle ? In S. Casalis, F. Bois Parriaud, E. Cavalli, Y. Chaix, P. Colé, G. Leloup, L. Sprenger-Charolles, A. Szmalec, & R. Zoubinetzky (Éds.), *Les dyslexies* (Elsevier Masson, p. 87-110).  
<https://www.elsevier-masson.fr/les-dyslexies-9782294752797.html>
- Valdois, S., Ans, B., & Carbonnel, S. (2009). *Principes de base pour l'élaboration d'un modèle connexionniste psychologiquement plausible de l'apprentissage de la lecture* (p. 379-404). <https://doi.org/10.4000/books.editions-cnrs.5949>
- Valdois, S., Bidet-Ildes, C., Lassus-Sangosse, D., Reilhac, C., N'guyen-Morel, M.-A., Guinet, E., & Orliaguet, J.-P. (2011). A visual processing but no phonological disorder in a child with mixed dyslexia. *Cortex; a Journal Devoted to the Study*

- of the Nervous System and Behavior*, 47(10), 1197-1218.  
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.05.011>
- Valdois, S., Lassus-Sangosse, D., Lallier, M., Moreaud, O., & Pisella, L. (2019). What bilateral damage of the superior parietal lobes tells us about visual attention disorders in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 130, 78-91.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.08.001>
- Valdois, S., Peyrin, C., Lassus-Sangosse, D., Lallier, M., Démonet, J.-F., & Kandel, S. (2014). Dyslexia in a French-Spanish bilingual girl: Behavioural and neural modulations following a visual attention span intervention. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 53, 120-145.  
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.11.006>
- van den Boer, M., de Jong, P. F., & Haentjens-van Meeteren, M. M. (2013). Modeling the length effect : Specifying the relation with visual and phonological correlates of reading. *Scientific Studies of Reading*, 17(4), 243-256.  
<https://doi.org/10.1080/10888438.2012.683222>
- Vialatte, A., Salemme, R., Khan, A. Z., & Pisella, L. (2021). Attentional limits in visual search with and without dorsal parietal dysfunction : Space-based window or object-based span? *Neuropsychologia*, 161, 108013.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.108013>
- Vialatte, A., Yeshurun, Y., Khan, A. Z., Rosenholtz, R., & Pisella, L. (2021). Superior Parietal Lobule : A Role in Relative Localization of Multiple Different Elements. *Cerebral Cortex*, 31(1), 658-671. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa250>
- Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101(2), 192-212. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.101.2.192>

- Winner, E., von Karolyi, C., Malinsky, D., French, L., Seliger, C., Ross, E., & Weber, C. (2001). Dyslexia and visual-spatial talents : Compensation vs deficit model. *Brain and Language*, 76(2), 81-110. <https://doi.org/10.1006/brln.2000.2392>
- Witko, A. (2018). Chapitre 8—Les troubles du langage écrit. In P. Fourneret & D. Da Fonseca (Éds.), *Enfants DYS* (p. 103-139). Elsevier Masson. <https://doi.org/10.1016/B978-2-294-74877-6.00008-2>
- Ziegler, J. C., Castel, C., Pech-Georgel, C., George, F., Alario, F.-X., & Perry, C. (2008). Developmental dyslexia and the dual route model of reading : Simulating individual differences and subtypes. *Cognition*, 107(1), 151-178. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.09.004>
- Zorzi, M., Barbiero, C., Facoetti, A., Lonciari, I., Carrozzi, M., Montico, M., Bravar, L., George, F., Pech-Georgel, C., & Ziegler, J. C. (2012). Extra-large letter spacing improves reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(28), 11455-11459. <https://doi.org/10.1073/pnas.1205566109>
- Zoubrinetzky, R., Bielle, F., & Valdois, S. (2014). Mauna. *PloS One*, 9(6), e99337. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099337>
- Zoubrinetzky, R., Collet, G., Serniclaes, W., Nguyen-Morel, M.-A., & Valdois, S. (2016). Relationships between Categorical Perception of Phonemes, Phoneme Awareness, and Visual Attention Span in Developmental Dyslexia. *PloS One*, 11(3), e0151015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151015>

## Annexes

### Sommaire

|  |   |
|--|---|
| Annexe A : Formes simples et complexes (Casco & Prunetti, 1996).....             | 1 |
| Annexe B : Caractéristiques des sujets .....                                     | 2 |
| Annexe C : Illustration des six sous-tests du PVSE (Pisella et al., 2013). ..... | 3 |
| Annexe D : Randomisation des textes et des listes .....                          | 4 |
| Annexe E : Création de listes .....  | 5 |
| Annexe F : Planning de passation .....   | 7 |
| Annexe G : Résultats.....  | 8 |

**Annexe A** : Formes simples et complexes (Casco & Prunetti, 1996)

| Shape     |        | Letter    |        |
|-----------|--------|-----------|--------|
| Nontarget | Target | Nontarget | Target |
|           | /      |           | —      |
| F         | ∩      | F         | K      |
| V         | ^      | b         | p      |

Les formes simples sont en première ligne, il s'agit de traits et traits penchés. Les formes complexes sont les combinaisons de traits (symbole ou lettre) aux deux lignes suivantes.

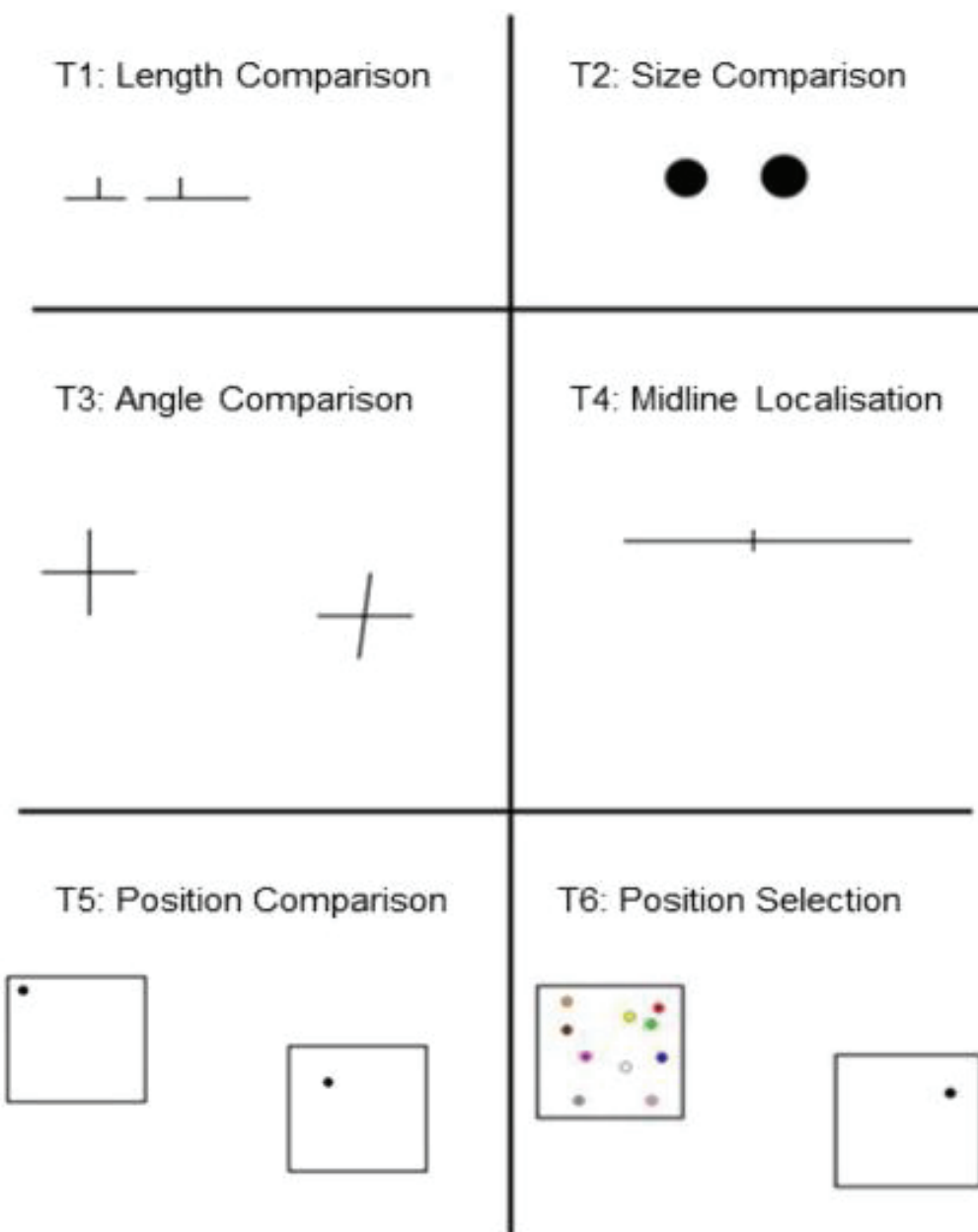
## Annexe B : Caractéristiques des sujets

| Sujet | Sexe | Age (Date de naissance)       | Classe           | Comorbidités                             | Vision                               |
|-------|------|-------------------------------|------------------|--|--------------------------------------|
| 1     | F    | 12 ans 9 mois<br>(05/03/2009) | 5 <sup>ème</sup> | Hypothèse de TDAH<br>ou HPI non vérifiée | Bonne acuité                         |
| 2     | F    | 11 ans 4 mois<br>(28/07/2010) | 6 <sup>ème</sup> | TDC diagnostiqué                         | Myopie et<br>astigmatie<br>corrigées |
| 3     | F    | 11 ans 5 mois<br>(06/07/2010) | 6 <sup>ème</sup> | HPI diagnostiqué                         | Hypermétropie<br>corrigée            |
| 4     | F    | 10 ans 1 mois<br>(12/12/2011) | CM1              | TDC, TDA<br>diagnostiqués                | Bonne acuité                         |
| 5     | F    | 12 ans 8 mois<br>(15/05/2009) | 5 <sup>ème</sup> |  | Bonne acuité                         |

Les données sur la vision et les comorbidités ont été recueillies après lecture de différents comptes-rendus médicaux et paramédicaux transmis par les familles.



**Annexe C** : Illustration des six sous-tests du PVSE (Pisella et al., 2013).



T1 : comparaison de longueurs ; T2 comparaison de tailles ; T3 : comparaison d'angles ; T4 : jugement de milieu ; T5 : comparaison de position ; T6 : sélection de position.

**Annexe D : Randomisation des textes et des listes**

**Tableau 1**

*Randomisation des textes*

| Traitement | OFF    | ON | OFF | ON |
|------------|--------|----|-----|----|
| Sujet      | Textes |    |     |    |
| 1          | A      | B  | C   | D  |
| 2          | D      | C  | B   | A  |
| 3          | A      | C  | B   | D  |
| 4          | B      | D  | A   | C  |
| 5          | A      | D  | C   | B  |

**Tableau 2**

*Randomisation des listes*

| Traitement | OFF    | ON | OFF | ON | OFF | ON | OFF | ON | OFF | ON | OFF | ON |
|------------|--------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| Sujet      | Listes |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
| 1          | 1      | 2  | 3   | 4  | 5   | 6  | 7   | 8  | 9   | 10 | 11  | 12 |
| 2          | 12     | 11 | 10  | 9  | 8   | 7  | 6   | 5  | 4   | 3  | 2   | 1  |
| 3          | 2      | 5  | 8   | 11 | 1   | 4  | 7   | 10 | 12  | 9  | 6   | 3  |
| 4          | 11     | 9  | 5   | 2  | 10  | 7  | 3   | 12 | 8   | 4  | 1   | 6  |
| 5          | 5      | 1  | 8   | 4  | 11  | 10 | 2   | 7  | 12  | 3  | 6   | 9  |

## Annexe E : Création de listes

### Tableau 3

#### Listes créées

|                                   | Listes 7 à 12   |  |   |  |  |   | Paramètres               |                              |   |
|-----------------------------------|---|--|---|--|--|---|--------------------------|------------------------------|---|
|                                   | Liste 7   | Liste 8  | Liste 9   | Liste 10   | Liste 11   | Liste 12  | Fréquence                | Consistance                  | Longueur  |
| Consistants fréquents             | bonjour<br>enfant<br>nominal<br>soleil                                | bureau<br>énorme<br>nouveau<br>sommeil                                 | chaleur<br>féminin<br>numéro<br>tableau                                     | chambre<br>fleur<br>objet<br>tempête                                 | champ<br>froid<br>odeur<br>théâtre                                   | château<br>garçon<br>ordre<br>travail                                 | Fréquents<br>(U>60)      | Consistants<br>(CGP>85)      | Mots de longueur moyenne<br>(5, 6 ou 7 lettres) |
| Consistants non fréquents         | atteint<br>commis<br>durable<br>kimono<br>mouflon<br>prêtre<br>treuil | averti<br>coquin<br>embruns<br>laquais<br>moulins<br>radars<br>tronçon | aviron<br>dégoût<br>félins<br>livreur<br>nylon<br>rafale<br>ultra           | bandeau<br>dégoûté<br>fidèle<br>lundis<br>odorat<br>réels<br>valable | blondes<br>délai<br>foyers<br>majeur<br>oubli<br>réussi<br>vanité    | boudeur<br>délais<br>furtif<br>matinal<br>pépins<br>ronron<br>vitrail | Non fréquents<br>(2≤U≤3) |                              |   |
| Inconsistants fréquents           | cuisine<br>phrases  | diable<br>pieds  | doigts<br>pierres   | fusil<br>plaisir   | genre<br>queue   | gentil<br>vieille   | Fréquents<br>(U>60)      | Inconsistants<br>(20≤CGP≤70) | Mots longs (≥ 8 lettres)                        |
| Inconsistants non fréquents       | cycle<br>plage  | ennemis<br>sciure  | examens<br>semence  | excès<br>silex   | excuse<br>sourcil  | exquise<br>western  | Non fréquents<br>(2≤U≤3) |                              |   |
| Longs inconsistants non fréquents | aviation<br>curiosités<br>exploitation<br>musicien<br>secondaire      | batailles<br>cyclistes<br>friandises<br>myosotis<br>sensational        | bienveillance<br>dangereuses<br>gibecière<br>orientation<br>succession      | caissier<br>délicieuses<br>grandiose<br>pagaille<br>suppositions     | circuits<br>dentition<br>heureuses<br>paillettes<br>tailleur         | comptines<br>descriptions<br>indication<br>paysanne<br>technicien     | Non fréquents<br>(2≤U≤3) |                              |   |
|                                   | Listes 1 à 6  |  |   |  |  |   | Paramètres               |                              |   |
|                                   | Liste 1   | Liste 2  | Liste 3   | Liste 4  | Liste 5  | Liste 6   | Fréquence                | Consistance                  | Longueur  |
| Consistants fréquents             | accord<br>chèvre<br>journal<br>photo                                  | animal<br>départ<br>maman<br>planète                                   | animaux<br>drôle<br>moment<br>plein   | arrêt<br>élèves<br>morceau<br>présent                                | avril<br>emploi<br>moulin<br>propre                                  | bateau<br>endroit<br>moyen<br>simple                                  | Fréquents<br>(U>60)      | Consistants<br>(CGP>85)      | Mots de longueur moyenne<br>(5, 6 ou 7 lettres) |
| Consistants non fréquents         | abandon<br>bourg<br>démons<br>galopin<br>médical<br>périple<br>safari | adroite<br>cadrons<br>diplôme<br>garni<br>mémère<br>pétard<br>strophe  | ample<br>cafés<br>divan<br>grêlons<br>métaux<br>pintade<br>sympa            | anorak<br>canidés<br>dollars<br>horaire<br>moral<br>piton<br>taquin  | arôme<br>chétif<br>dormeur<br>infini<br>motifs<br>pivert<br>tardive  | atout<br>cochons<br>douteux<br>joujou<br>moufles<br>planeur<br>toupet | Non fréquents<br>(2≤U≤3) |                              |   |
| Inconsistants fréquents           | action<br>hiver   | automne<br>médecin   | besoin<br>nuage   | chemise<br>nuages  | chiens<br>petites  | choses<br>phrase  | Fréquents<br>(U>60)      | Inconsistants<br>(20≤CGP≤70) | Mots longs (≥ 8 lettres)                        |
| Inconsistants non fréquents       | absolue<br>faïence  | anciens<br>gibus   | cadenas<br>gigot  | céliéri<br>iceberg   | cellule<br>indiens   | chiots<br>osier   | Non fréquents<br>(2≤U≤3) |                              |   |
| Longs inconsistants non fréquents | accusation<br>concerts<br>dispositif<br>inspection<br>perfection      | affectueuse<br>consommation<br>dispositions<br>instruction<br>pingouin | alouettes<br>consultations<br>distinction<br>interruption<br>prépositionnel | ambition<br>conviction<br>entrailles<br>juxtaposées<br>relations     | aquatiques<br>cueillette<br>évaluation<br>lumineuses<br>restauration | assiettée<br>cuillers<br>expéditions<br>martiens<br>rotation          | Non fréquents<br>(2≤U≤3) |                              |   |

**Tableau 4**

*Mots écartés*

|                                   | Mots écartés   | Paramètres                |  |   |
|-----------------------------------|--|---------------------------|--|---|
|                                   |  | Fréquence                 | Consistance                                | Longueur  |
| Consistants fréquents             | bateaux<br>jardin<br>pauvre<br>travers   | Fréquents<br>( $U > 60$ ) | Consistants<br>( $CGP > 85$ )              | Mots de longueur moyenne<br>(5, 6 ou 7 lettres) |
| Consistants non fréquents         | bourdon<br>délégué<br>galopin<br>plein   |                           |  |   |
| Inconsistants non fréquents       | aurochs<br>chiot<br>revues<br>fiction<br>goupil<br>reprise<br>secrets<br>suspect<br>usines |                           | Inconsistants<br>( $20 \leq CGP \leq 70$ ) |   |
| Inconsistants non fréquents longs | aquatique<br>directions<br>insistance<br>musicienne<br>parisiens<br>relation<br>vieillesse |                           |  |   |

## Annexe F : Planning de passation

Figure 1

### Feuille de route enfant

| Menu  |  |
|---|--|
| <b>Apéritif</b>   | <b>Plat</b>  |
| <p><b>Quatre quart bizarre</b><br/>Tu devras lire 4 textes qui n'ont aucun sens, du mieux que tu pourras. Nous ferons des pauses entre les textes.<br/>Cet exercice <b> dure environ 20 minutes</b></p>   | <p><b>Brochette de chiffres et de couleurs</b><br/>Devant un écran d'ordinateur, tu devras lire des chiffres présentés rapidement. Ensuite tu devras lire... des couleurs ! Le plus vite possible, sans te tromper. A toi de jouer.<br/>Ce test durera <b> moins de 15 minutes</b>.</p>                  |
| <b>Entrée</b>   | <b>Gratin de poisson endroit/envers</b>  |
| <p><b>Salade folle de mots</b><br/>7<sup>e</sup> exercice : lecture de 12 listes de mots.<br/>Cet exercice <b> dure 15 minutes</b></p>  | <p>Tu devras répéter des chiffres entendus dans l'ordre ou dans l'ordre inverse.<br/>Ce test <b> dure 10 minutes</b></p>   |
| <b>Boisson</b>  | <b>Dessert</b>   |
| <p><b>Jus de mots</b><br/>Tu devras lire des mots, lire deux textes et lire des mots qui ressemblent presque à de vrais mots.<br/>Ce test <b> dure 15-20 min</b></p> <p><b>Jus de perroquet</b><br/>Tu devras écouter des mots et les redire en enlevant un bout de ce que tu as entendu.<br/>Ce test dure <b> moins de 5 minutes</b></p> | <p><b>Œil de lynx (Carton troué et son mille-feuille)</b><br/>Tu devras d'abord viser ! Puis tu seras assis devant une table et on te présentera successivement des images sur des feuilles. Tu devras dire si ces images sont « pareilles » ou « différentes ».<br/>Ce test dure <b> 10 minutes</b></p> |

Tableau 5

### Plan des épreuves

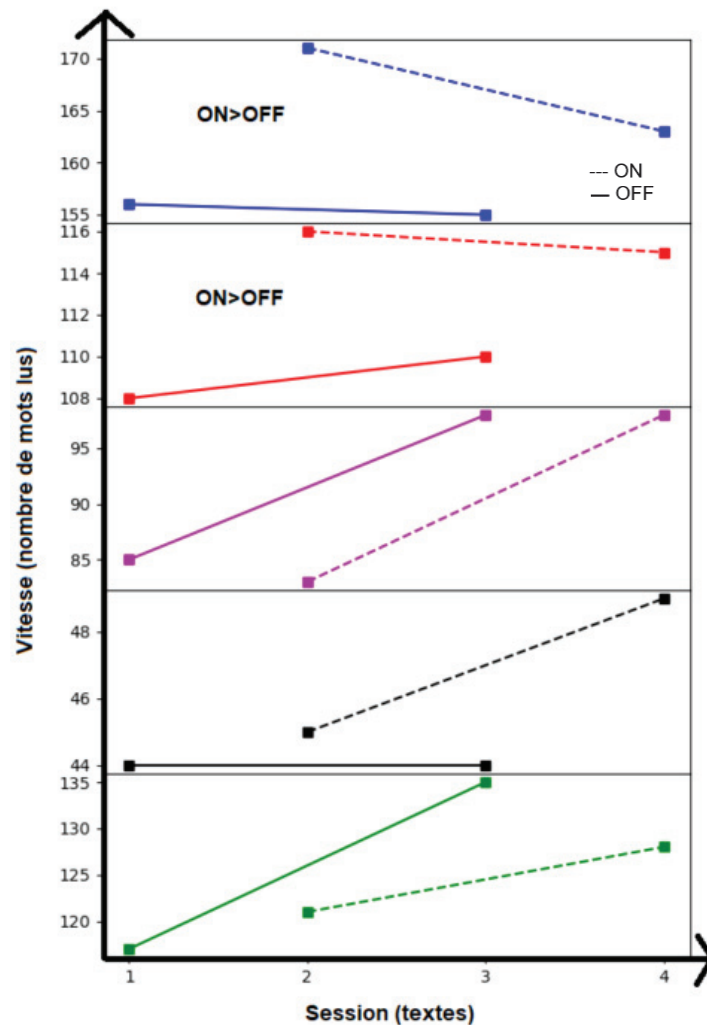
| Temps (minutes) | épreuves   |  |
|-----------------|--|--|
| 20              | Lecture de textes (OFF/ON en alternance)             | Protocole expérimental testant l'effet des lunettes              |
| 15              | Lecture de listes mots créées (OFF/ON en alternance) |  |
| 5               | Lecture de mots                                      | Batterie d'évaluation du langage écrit et du langage oral EVALEO |
| 5               | Lecture du texte Evalouette                          |  |
| 5               | Lecture du texte La mouette                          |  |
| 5               | Lecture de pseudo-mots                               |  |
| 5               | Suppression de phonème                               |  |
| 10              | EVA  |  |
| 5               | Dénomination rapide de couleurs                      |  |
| 10              | Répétition endroit/envers                            |  |
| 10              | Œil dominant et perception visuo-spatiale            |  |
| <b>Total</b>    | <b>1h35</b>  |  |

## Annexe G : Résultats

Dans les figures suivantes, se trouvent de haut en bas respectivement les données du sujet 1 en bleu, 2 en rouge, 3 en magenta, 4 en noir et 5 en vert.

**Figure 2**

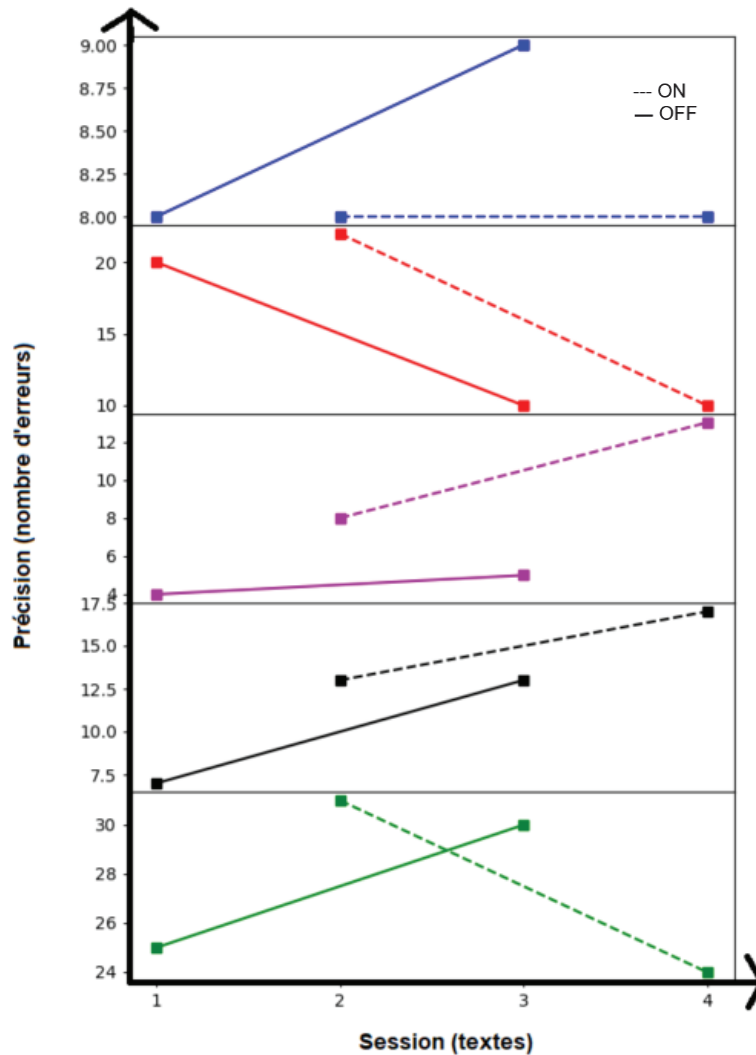
*Analyse visuelle des textes en vitesse*



Les sujets ont lu 4 textes (en abscisse) en alternance de réglage « OFF/ON » (éteintes trait plein/allumées trait pointillé). En ordonnée se trouve le nombre total de mots lus par texte. Ce graphique permet ainsi de voir le nombre de mots lus lunettes éteintes ou « OFF » (textes des sessions 1 et 3) en segments pleins et ceux lus avec lunettes allumées ou « ON », en pointillés (textes des sessions 2 et 4). La courbe « ON » est bien au-dessus de celle « OFF » pour les sujets 1 (en bleu) et 2 (en rouge) et, dans une moindre mesure, pour le sujet 4 (en noir).

**Figure 3**

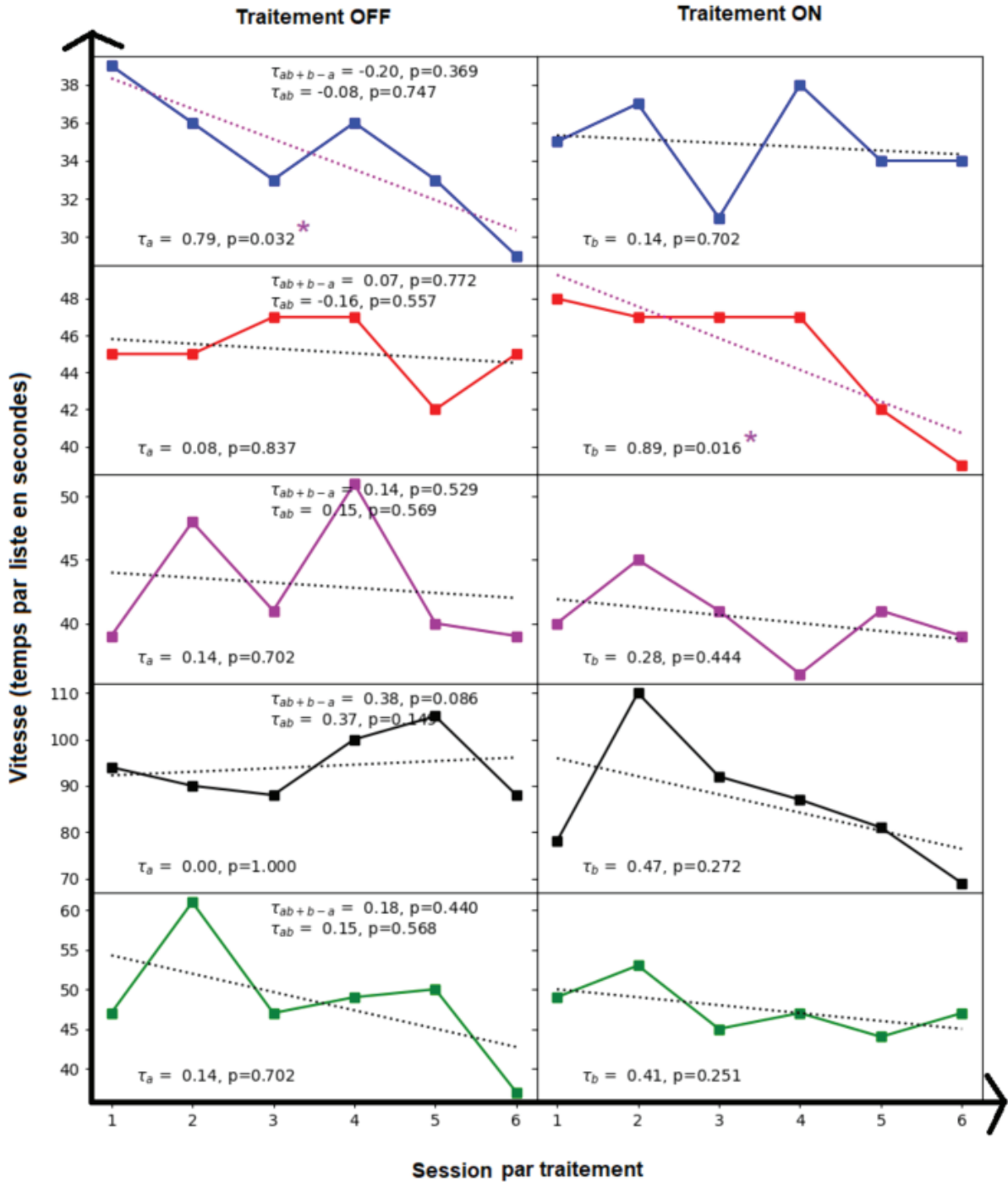
*Analyse visuelle des textes en précision*



Sur ce graphique, l'axe des ordonnées représente cette fois le nombre total d'erreurs commises par texte (en abscisse). Il y a une légère diminution de la précision en traitement ON pour les sujets 3 (en magenta) et 4 (en noir).

Figure 4

Analyse des tendances ( $\tau$ ) des listes en vitesse

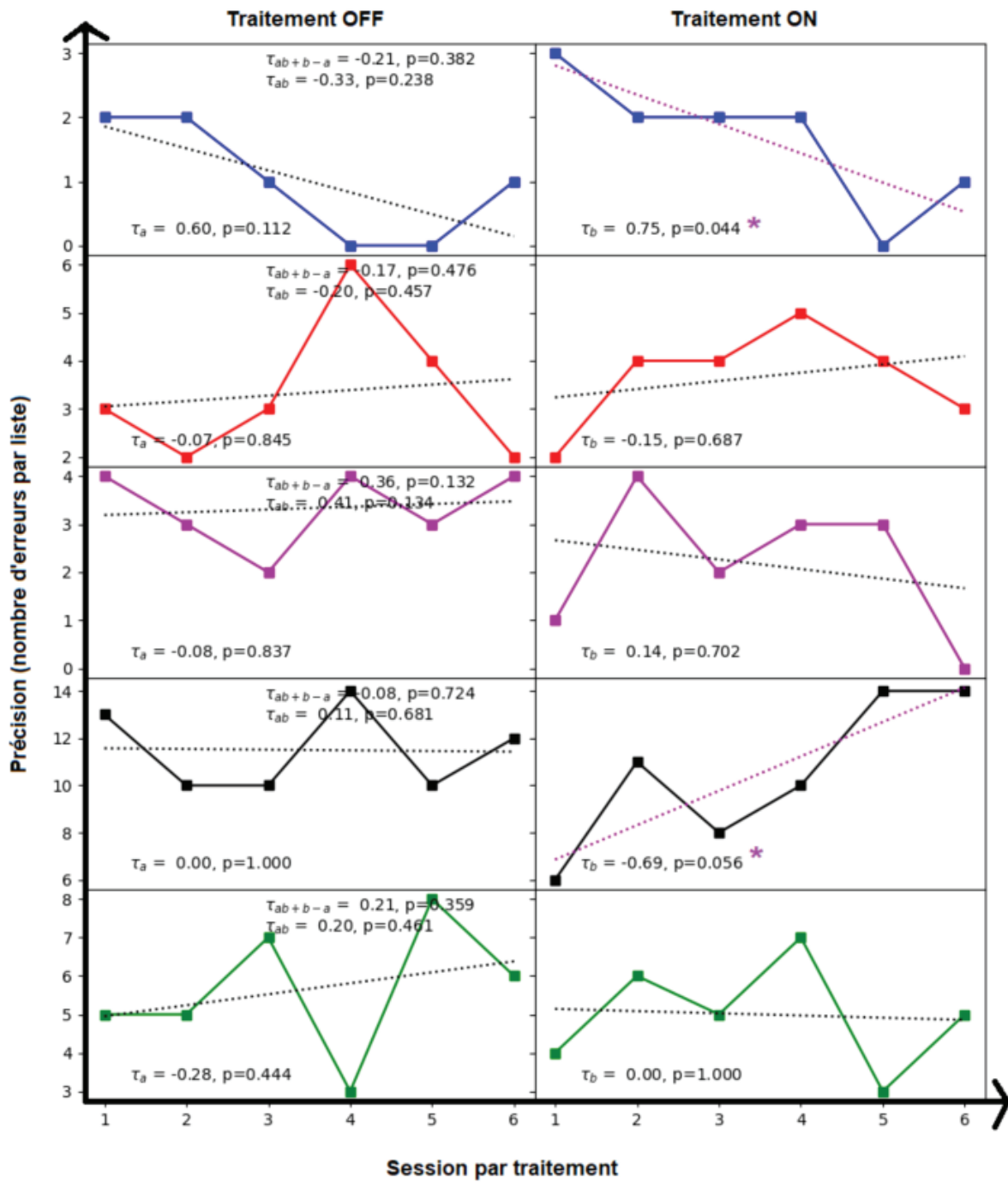


Les tendances significatives ( $p < 0.05^*$ ) sont en violet sur les graphiques. Cette illustration présente en ordonnées le temps de lecture et en abscisses les listes dans l'ordre. Les points sont organisés visuellement pour représenter à gauche le réglage OFF et à droite le réglage ON. La plupart des résultats ne sont pas significatifs ( $p > 0.05$ ).



Figure 5

Analyse des tendances ( $\tau$ ) des listes en précision



La figure ci-dessus présente en ordonnées le nombre d'erreurs et en abscisses les listes. Les points sont organisés visuellement pour représenter à gauche le traitement OFF et à droite le traitement ON.

Figure 6

Second réglage, analyse ( $\tau$ ) des listes en vitesse

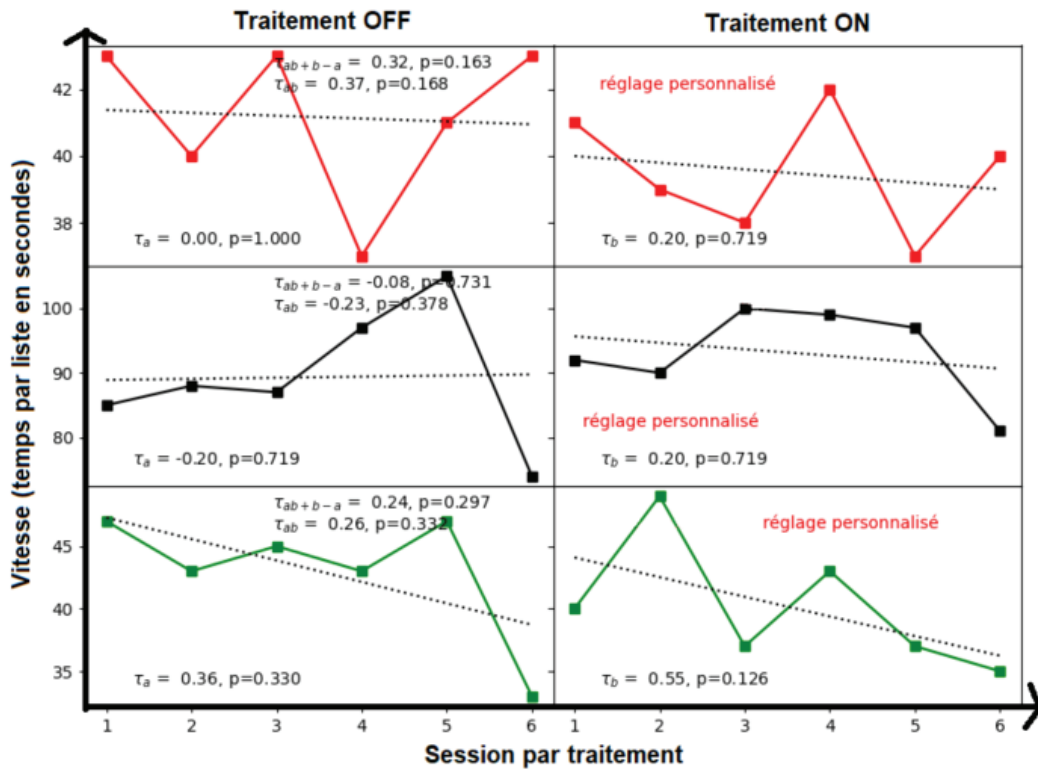


Figure 7

Second réglage, analyse ( $\tau$ ) des listes en précision

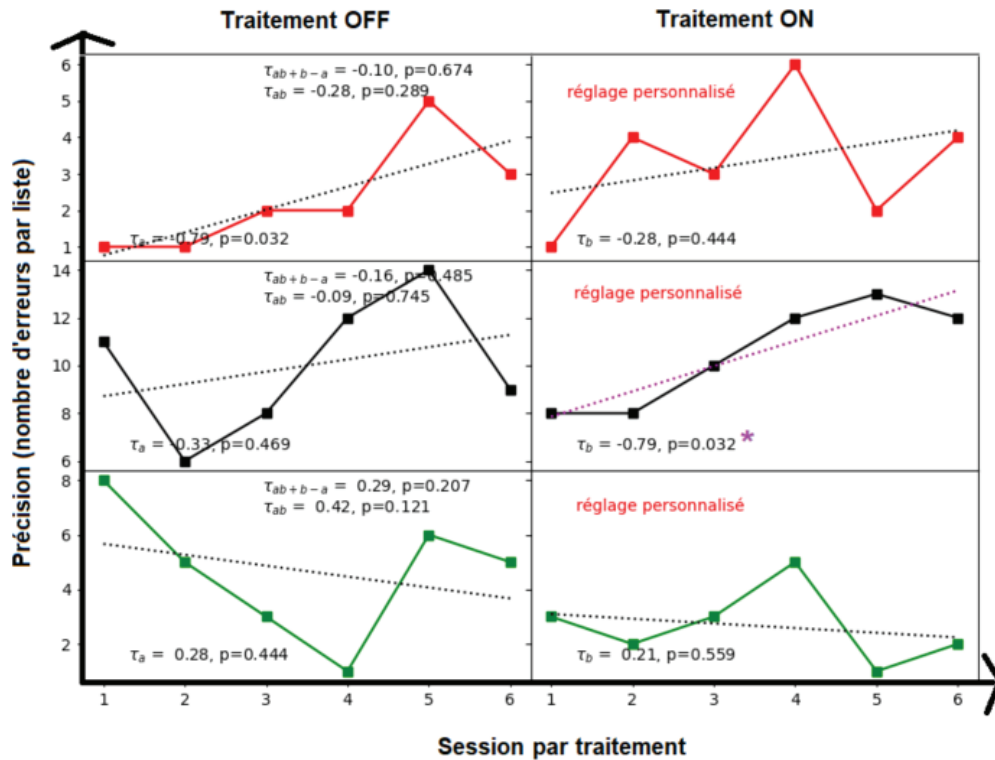
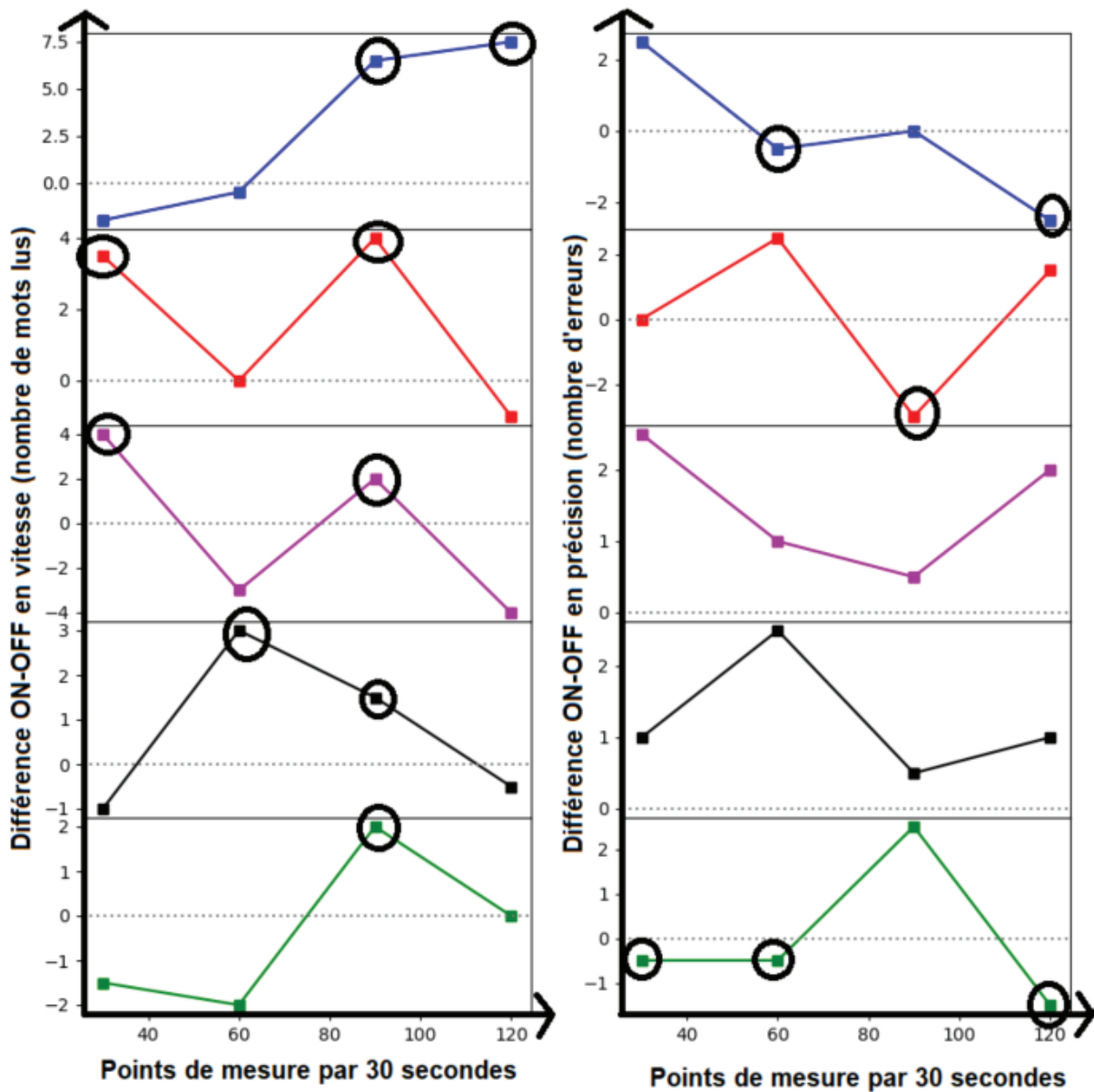


Figure 8

Analyse binomial des textes



Chaque point de cette figure est la différence des mesures en traitement ON moins celles en traitement OFF. Les points supérieurs à zéro indiquent une plus grande valeur des lunettes allumées. Ainsi, en vitesse, un point supérieur à la ligne 0 correspond à une amélioration due au traitement ON car le point correspondra à plus de mots lus dans cette condition. Pour la précision, un point inférieur à la ligne indiquera une amélioration due au traitement ON, correspondant à moins d'erreurs en lecture avec les lunettes ON. Au total sont relevés 15 points d'amélioration sur 40 points de mesures.