



HAL
open science

Dyslexie : la place de l'orthoptie dans la prise en charge

Jeanne Lachgar

► **To cite this version:**

Jeanne Lachgar. Dyslexie : la place de l'orthoptie dans la prise en charge. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03008164

HAL Id: dumas-03008164

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03008164>

Submitted on 16 Nov 2020

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

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



Faculté des sciences
médicales et paramédicales
Aix-Marseille Université

Ecole des Sciences de
la Réadaptation
Ecole d'Orthoptie

Dyslexie : la place de l'orthoptie dans la prise en charge

LACHGAR Jeanne

Maître de mémoire :
Chloé MONTICOLO
Qualité : Orthoptiste

Directrice des mémoires :
TRINQUET Laure
Directrice Pédagogique

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

REMERCIEMENTS :

Je souhaite adresser mes remerciements :

- À ma maître de mémoire, Madame Chloé Monticolo, Orthoptiste pour son aide pour la réalisation du mémoire mais surtout pour les connaissances transmises tout au long de la formation et lors de mon stage dans son cabinet.
- À ma directrice pédagogique de l'école d'Orthoptie de Marseille, Madame Laure Trinquet pour son implication, son soutien précieux et son savoir tout au long de ces années.
- À mon enseignante, Madame Mélanie Ordines, Orthoptiste pour ses idées pour la construction du mémoire.
- À Delphine Deltour, Orthoptiste à Nîmes auprès de qui j'ai découvert ce métier et qui m'en a donné le goût.

Je tiens également à remercier tous nos professeurs pour leur enseignement, leur implication et leur accompagnement au long de ces 3 années.

Enfin, j'adresse ma plus grande gratitude à ma mère, Orthophoniste, pour ses nombreux conseils ; mon amie Mathilde Desmoulins pour son aide et sa motivation. Je remercie aussi mes proches et mes amis qui m'ont soutenue et encouragée durant ma formation et lors de l'élaboration de ce mémoire. Je les remercie pour leur patience et leur détermination à me pousser vers l'avant.

Résumé :

La dyslexie est un trouble des apprentissages où les difficultés rencontrées sont spécifiques à la lecture. Cependant la part du visuel lors de ce trouble est plus que présente et occupe une place importante. Plusieurs processus visuels ont lieu lors de la tâche de lecture, cependant une atteinte de ces processus entraîne plusieurs difficultés. Par ailleurs, il existe différents types de dyslexies et on peut dire aujourd'hui qu'un déficit des capacités visuo-attentionnelles est une origine des troubles dyslexiques.

C'est pour cela que la prise en charge orthoptique est nécessaire chez les dyslexiques présentant des troubles visuels. À travers des rééducations ou de nouvelles techniques, les patients ont une amélioration du confort et performances de lecture.

Mots-clés :

Apprentissages- Dyslexie- Oculomotricité- Attention visuelle- Perception visuelle- Orthoptistes- Orthophonistes

Absract:

Dyslexia is a learning disorder where the difficulties encountered are specific to reading. However, the visual part of this disorder is more than present and occupies an important place. Several visual processes take place during the reading task, however, an impairment of these processes leads to several difficulties. In addition, there are different types of dyslexia and today it can be said that a deficit in visuo-attentional abilities is one of the origins of dyslexic disorders.

This is why orthoptic treatment is necessary for dyslexics with visual disorders. Through re-education or new techniques, patients have an improvement in reading comfort and performance.

Key words:

Apprenticeships- Dyslexia- Oculomotricity- Visual Attention- Visual Perception- Orthoptists- Language Therapists

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION :	1
RÉSUMÉ :	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
ABSTRACT:	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
PARTIE 1 : COMMENT LIT-ON?	2
I. LE SYSTÈME VISUEL	2
<i>Chapitre 1 : Physiologie du système visuel</i>	2
1) Les cônes.....	2
2) Les bâtonnets.....	3
3) Les muscles du globe oculaire.....	3
<i>Chapitre 2 : Le cortex visuel</i>	3
II. LES PROCESSUS VISUELS LORS DE LA LECTURE.....	4
<i>Chapitre 1 : La perception visuelle</i>	4
1) L'acuité visuelle :	5
2) L'attention visuelle :	5
3) L'empan visuel :	5
4) Les afférences visuelles :	6
<i>Chapitre 2 : L'oculomotricité</i>	6
1) Les saccades :	6
2) La fixation :	7
3) La coordination binoculaire :	8
III. LA LECTURE	9
<i>Chapitre 1 : Les mécanismes de lecture</i>	9
<i>Chapitre 2 : Un modèle à deux voies</i>	10
<i>Chapitre 3 : Un modèle connexionniste</i>	11
PARTIE 2 : LA DYSLEXIE	12
I. GÉNÉRALITÉS :	12
<i>Chapitre 1 : Histoire</i>	12
<i>Chapitre 2 : Définitions et classifications</i>	12
1) Définitions :	12
2) Classifications :	12
II. LES DIFFÉRENTS TYPES DE DYSLEXIE :	14
<i>Chapitre 1 : La dyslexie phonologique ou dysphonétique</i>	14
<i>Chapitre 2 : La dyslexie de surface ou dyséidétique</i>	15
<i>Chapitre 3 : La dyslexie mixte</i>	15
<i>Chapitre 4 : La dyslexie visuo-attentionnelle</i>	15
<i>Chapitre 5 : Les hypothèses explicatives</i>	15
1) L'hypothèse phonologique :	15
2) L'hypothèse magnocellulaire :	16
3) L'hypothèse des troubles visuo-attentionnels :	17
a) L'hypothèse de l'empan visuo-attentionnel :	17
b) L'hypothèse d'un déficit d'inhibition des détails :	17
c) L'hypothèse de l'effet crowding ou encombrement visuel excessif :	18
3) D'autres théories explicatives :	18
PARTIE III : LA PRISE EN CHARGE ORTHOPTIQUE	19
I. LE BILAN ORTHOPTIQUE :	19
1) L'anamnèse :	20
2) Bilan sensoriel :	20
3) Bilan optomoteur :	20
4) Bilan fonctionnel :	21
II. LA RÉÉDUCATION ORTHOPTIQUE.....	23
1) La motricité oculaire :	23
2) Les capacités fusionnelles :	23

3) Les capacités de la perception visuelle :	24
III. VERS DE NOUVELLES AIDES, INVENTIONS, TECHNIQUES.....	24
1) Lexilight, la lampe d'aide à la lecture conçue pour les dyslexiques.....	24
2) Les lunettes dyslexia.....	24
3) La police Open Dyslexie, une police pour faciliter la lecture.	24
4) Eyebrian T1: l'aide au diagnostic de la dyslexie.	26
CONCLUSION :	28
BIBLIOGRAPHIE :	29

Introduction :

Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), la dyslexie est un trouble spécifique de la lecture. Il s'agit également d'un trouble persistant de l'acquisition du langage écrit caractérisé par de grandes difficultés dans l'acquisition et dans l'automatisation des mécanismes nécessaires à la maîtrise de l'écrit (lecture, écriture, orthographe...).

La dyslexie est un trouble spécifique : les enfants concernés ne présentent pas de déficit intellectuel, pas de troubles psychologiques ou psychiatriques. La dyslexie apparaît par ailleurs dans tous les milieux socioculturels. On considère qu'il y a une dyslexie quand il y a un retard de lecture d'au moins 18 mois par rapport au niveau attendu (souvent dépisté au CE1).

Cependant il est indispensable que ces enfants soient pris en charge le plus tôt possible de manière pluridisciplinaire. Différents professionnels de santé sont acteurs dans la prise en charge du trouble de lecture ; comme par exemple l'orthophoniste mais aussi l'orthoptiste. Ce dernier a un rôle important et son travail s'appuiera sur un bilan ainsi qu'une rééducation.

L'importance de la maîtrise de la vision dans l'acte de lire fait l'unanimité. Il s'agit d'identifier et de situer des signes d'écriture organisés, avec suffisamment de vitesse et d'endurance pour pouvoir en comprendre la signification. L'orthoptiste ne rééduque pas la dyslexie : il ajuste son projet de soins afin que la vision du dyslexique ne constitue pas une entrave supplémentaire à la lecture.

Nous verrons dans une première partie comment lisons-nous, dans une deuxième partie les différentes dyslexies et pour finir la prise en charge orthoptique.

PARTIE 1 : Comment lit-on?

I. Le système visuel

Chapitre 1 : Physiologie du système visuel

La vision est le sens prédominant chez la plupart des primates diurnes. Cette vision est exécutée par un système optique : l'œil. L'anatomie de ce dernier est complexe. L'œil est constitué de plusieurs parties qui interagissent entre elles lors du traitement des différents signaux provenant de l'environnement extérieur.

Tout d'abord, le traitement commence au niveau d'une couche interne de l'œil : la rétine. La rétine est constituée de cônes et de bâtonnets, qui sont des cellules photoréceptrices sensibles à la lumière. La rétine traite les signaux lumineux grâce à ces cellules.

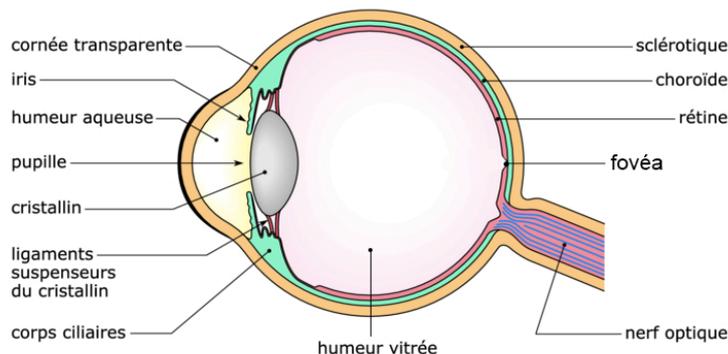


Figure 1: Anatomie du globe oculaire.

1) Les cônes.

Les cônes sont les moins nombreux, environ 6 millions. Ce sont des cellules sensibles seulement aux fortes intensités lumineuses. Les cônes n'ont pas de rôle dans la vision nocturne. Ils sont en densité maximale au niveau du centre de la rétine: la fovéa. Ils interviennent dans la vision centrale mais plus précisément dans la vision des détails car l'acuité y est maximale en son centre. Les cônes permettent aussi de distinguer les couleurs. Il existe 3 types de cônes chez l'homme.

Les cônes « L », aussi appelés rouge, qui sont sensibles aux grandes longueurs d'ondes. Les cônes « M », aussi appelés verts, sont sensibles pour les moyennes longueurs d'ondes et enfin les cônes « S » ou bien bleus sont sensibles aux longueurs d'ondes courtes.

2) Les bâtonnets.

Ils sont beaucoup plus nombreux que les cônes. Ils sont environ 125 millions à participer à la vision périphérique. En effet, ils ne sont pas présents au niveau de la fovéa mais sur tout le reste de la rétine. Les bâtonnets sont à l'inverse sensibles aux lumières de faible intensité et sont responsables de la vision nocturne.

3) Les muscles du globe oculaire.

Pendant le traitement des informations visuelles lors de la lecture, un ensemble de six muscles extra-oculaires vont permettre le mouvement des yeux dans différentes positions du regard. Nous retrouvons des muscles droits et des muscles obliques qui ont chacun des fonctions respectives. Le muscle droit latéral permet de porter le regard vers l'extérieur, en abduction. Le muscle droit médial permet de porter le regard vers l'intérieur, en adduction. Le muscle droit supérieur permet l'élévation du regard et inversement pour le muscle droit inférieur qui permet son abaissement. Par ailleurs, les muscles obliques supérieurs et inférieurs consistent respectivement à abaisser et élever le regard.

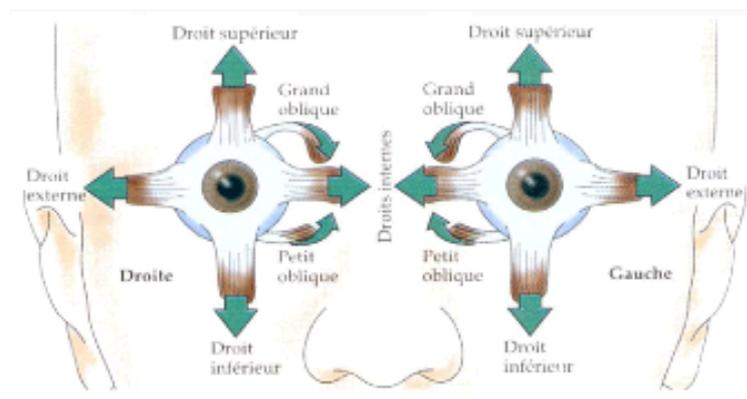


Figure 2 : Présentation des six muscles oculomoteurs.

Les muscles droits et obliques sont innervés par trois nerfs oculomoteurs différents. Les muscles droits supérieurs, droits inférieurs et les obliques inférieurs sont innervés par le nerf oculomoteur commun III. Le muscle oblique supérieur est lui seul innervé par le nerf oculomoteur trochléaire IV. Ensuite le nerf oculomoteur abducens VI innerve le muscle droit latéral.

Chapitre 2 : Le cortex visuel

L'information visuelle est traitée dans différentes structures corticales qui débute au niveau de la rétine. La rétine va transformer l'image visuelle grâce aux photorécepteurs en signaux neuronaux pour la transmettre au cerveau (Kaplan & Benardete, 2001) (1) en transitant par les cellules bipolaires puis par les cellules

ganglionnaires de la rétine qui en constituent les voies finales communes. Les axones des cellules ganglionnaires forment le nerf optique. Les informations vont finir par arriver dans les aires visuelles situées au niveau du lobe occipital. La question est alors de savoir comment s'effectue le contrôle de l'information visuelle par le cerveau.

L'information visuelle est essentiellement contrôlée de façon dynamique par voie rétino-géniculée. En effet, on observe que 90% des cellules ganglionnaires de la rétine projettent dans le Noyau Genouillé latéral (Lateral Geniculate Nucleus : LGN). Le LGN appartient au thalamus. Il est défini comme le relais thalamique primaire entre la rétine et le cortex visuel (Sherman & Guillery, 2006, cité par Denison et al., 2014) (2).

Le LGN pilote l'information grâce à deux principales voies visuelles : la voie magnocellulaire (M) et la voie parvocellulaire (P). Nous retrouvons ici un cheminement de l'information visuelle qui a lieu de façon parallèle via les voies M et P malgré quelques différences anatomiques et fonctionnelles.

La voie M est constituée des couches ventrales 1 et 2 du LGN (Livingstone et al., 1991) (3). Elle est caractérisée par de larges cellules et projette dans le système dorsal (Livingstone & Hubel, 1988,) (4) de l'aire visuelle primaire ou V1. Cette projection dorsale se fait au niveau du cortex pariétal. Elle concerne la vision des relations spatiales : voie du « où » et du mouvement (Yamasaki & Tobimatsu, 2012) (5).

La voie P concerne la vision des formes et de la couleur : voie du « quoi ». Elle est constituée des couches dorsales 3 à 6. Ce sont des petites cellules qui projettent quant à elle dans la partie ventrale de la V1 et dans la V4. Mettant en jeu les cônes de la rétine et de façon primaire le lobe temporal, la voie P est spécialisée dans l'analyse de la forme et de la couleur (voie du « quoi »).

On trouve une différence entre les deux types de cellules magnocellulaires et parvocellulaires. Les premiers répondent au stimulus de faible fréquence spatiale et de haute fréquence temporelle avec une analyse grossière du stimulus et donc par conséquent sensibles à un faible contraste. Cependant les cellules parvocellulaires sont plus sensibles aux stimuli de haute fréquence spatiale et de faible fréquence temporelle et traitent les stimuli de fort contraste.

II. Les processus visuels lors de la lecture.

Le traitement visuel des mots lors de la lecture, implique un ensemble de processus. En effet, comme le rappelle l'ASNAV (Association Nationale pour l'Amélioration de la Vue), il faut « bien voir pour bien lire ». La lecture nécessite, au niveau visuel, une partie sensorielle (la perception visuelle) et une partie moteur (l'oculomotricité).

La vision se développe très tôt, dès la vie intra-utérine, et continue à évoluer tout au long de la vie du sujet. Certains aspects de la perception visuelle sont particulièrement déterminants lors d'une activité de lecture.

1) L'acuité visuelle :

L'acuité visuelle de près repose sur la mise en jeu de la région fovéolaire mais aussi du champ visuel. Les possibilités de fovéation et la durée de ces dernières sont principales pour une lecture de qualité.

L'acuité visuelle est définie comme la capacité de discrimination la plus fine au contraste maximal entre un test et son fond, à une distance donnée. Elle se mesure grâce à des optotypes (lettres, dessins...). En l'absence de trouble, l'acuité visuelle atteint 10/10 vers environ 6 ans. Les enfants sont donc, en principe, capables de percevoir les différences entre des lettres au moment de leur entrée au CP.

2) L'attention visuelle :

L'attention visuelle est liée au changement d'état de l'attention d'un observateur tout en gardant constante l'image rétinienne, affectant ainsi les performances de perception et l'activité des neurones sensoriels. Elle est définie comme l'aptitude à sélectionner l'information visuelle qualifiée de pertinente et rejeter celle qui ne l'est pas.

Lors de l'activité de lecture, l'attention visuelle permet de se concentrer sur les mots écrits. Quand un trouble est présent sur cette compétence, les performances en lecture sont affectées, comme chez les sujets qui présentent un Trouble Déficitaire de l'Attention (TDA/H). On aura ici une répercussion sur la lecture.

Selon Laberge et Samuels (1974) (6), l'apprentissage de la lecture suppose l'existence d'un système attentionnel centralisé qui superviserait le traitement d'unités visuelles de tailles croissantes : les traits visuels (lignes, courbes, angles), les lettres, les séquences de lettres, et enfin les mots. Lorsque le traitement d'une unité est activé, celui de toutes les unités de rang inférieur est alors automatisé. Devenir lecteur expert consiste donc à automatiser ces processus visuo-attentionnels de façon à accéder directement au sens.

3) L'empan visuel :

L'empan visuel quantifie le nombre de lettres, autour du point de fixation, qui peuvent être vues et intégrées sans faire intervenir le contexte ou des connaissances linguistiques particulières. La largeur de l'empan dépend de l'angle de la zone fovéale, qui est la partie de la rétine où l'acuité visuelle est maximale. Cet angle est assez restreint et permet de percevoir environ 6 caractères (3 caractères de part et d'autre du point de fixation). En lecture, la fixation d'un mot est légèrement vers la gauche et non au milieu du mot. Par la suite la zone parafovéale, située autour de la zone fovéale, permet de percevoir un plus grand nombre de lettres, mais avec une acuité un peu diminuée. Le traitement fovéal et celui parafovéal sont complémentaires. Le premier permet d'accéder aux informations orthographiques de manière précise pour une identification du mot alors que la deuxième assure des informations sur la forme et la longueur des mots suivants, tout en permettant d'effectuer un prétraitement et de

préparer l'œil à la prochaine fixation. Ces deux zones assurent ensemble le traitement simultané d'une dizaine de lettres environ, les éléments centraux étant plus nets que les éléments périphériques, et permettent donc de saisir globalement la plupart des mots de la langue française (à l'exclusion des mots trop longs).

Il a ainsi été montré que les lecteurs, alors qu'ils sont en train de fixer un mot n en vision fovéale, pré-traitent souvent les premières lettres (et parfois toutes les lettres) du mot suivant $n + 1$ (par ex., Rayner, McConkie, & Zola, 1980) (7).

4) Les afférences visuelles :

Comme nous avons vu en première partie, le système visuel est constitué de deux voies principales qui vont de la rétine au cortex occipital : les voies parvocellulaires et magnocellulaires. Elles se distinguent notamment quant à la nature des informations traitées (Habib, 2002) :

- La voie parvocellulaire est spécialisée dans le traitement fin et détaillé de stimuli lents et durables.
- La voie magnocellulaire a pour rôle de traiter les signaux brefs et rapides, ainsi que les cibles périphériques mais aussi celles en mouvement.

Lors de la lecture, l'œil doit se déplacer rapidement sur une ligne de texte et de façon rectiligne afin d'en extraire l'information visuelle présente. Ainsi il est pensé que le système magnocellulaire serait particulièrement sollicité lors de cette activité, afin de répondre au flux continu de ces informations et de permettre un traitement avancé des mots à venir.

Chapitre 2 : L'oculomotricité

L'ophtalmologiste français Émile Javal a été le premier à s'intéresser aux aspects visuo-moteurs de la lecture (Javal, 1905) (9). Il observe que la lecture n'est pas, comme on le pensait jusqu'alors, un mouvement continu et linéaire des yeux, mais une succession de saccades et de fixations. L'étude des mouvements oculaires pendant l'activité de lecture s'est développée en même temps que les moyens techniques disponibles pour les observer. À l'heure actuelle, les mouvements oculaires et leur enchaînement lors de tâches de poursuite visuelle (parmi lesquelles la lecture) sont bien connus.

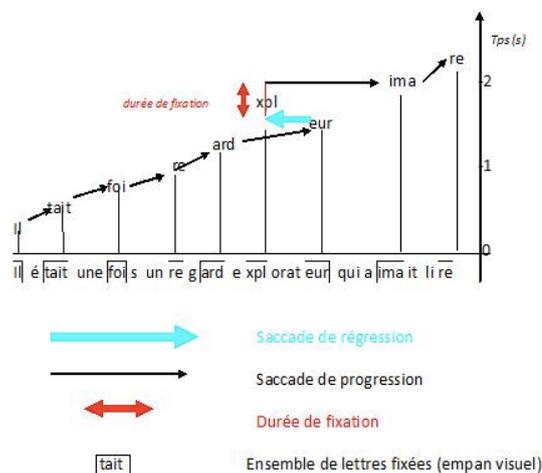
1) Les saccades :

Les saccades sont des mouvements oculaires variables en durée, souvent très rapides et variables en amplitude. Ce sont des sauts rapides et brefs qui permettent aux yeux de se déplacer sur une ligne d'un texte. Elles peuvent atteindre jusqu'à 500° par secondes. En lecture une saccade recouvre environ 7 caractères et elle est calibrée de manière à ce que le regard tombe sur une partie précise du mot pour pouvoir en décoder l'intégralité. Le regard ne fixe pas le milieu du mot mais légèrement vers la gauche de celui-ci. La position dépend de la longueur du mot mais

pas du contenu linguistique. Cette zone qui peut être reconnue lors de la fixation du regard est appelé empan visuel.

De plus lors de la lecture d'un texte, les saccades vont essentiellement de gauche à droite : on les appelle les saccades de progression qui permettent le déplacement dans le sens de la lecture. Cependant on trouve aussi des saccades qui vont de droite à gauche (environ 10 à 15%): saccades régressives, dans le sens inverse de lecture. Elles peuvent servir pour différentes choses : pour aller à la ligne suivante, relire un mot précédent ou bien repositionner l'œil s'il n'est pas fixé sur une portion optimale du texte. Si ces saccades régressives sont trop présentes lors de la lecture, la compréhension du texte sera alors altérée.

D'autre part les saccades sont dites conjuguées c'est à dire que les yeux se déplacent en même temps dans le même sens. Cependant on les qualifie de conjuguées seulement quand aucun élément de vergence ne rentre en jeu. Or pendant la lecture des études ont prouvé que des vergences reentraient en jeu : on parle alors de saccades disjointes où les axes visuels se croisent. La lecture s'effectuant à des distances différentes, proches, la convergence est alors sollicitée.



D'après A. Levy-Schoen et J.K. O'Regan, 1985

Exemple de déplacements oculaires au cours de la lecture

Figure 3 : Exemple de déplacements oculaires au cours de la lecture.

2) La fixation :

Une fixation est une pause qui permet la saisie d'information : l'œil s'arrête en moyenne 250 millisecondes sur une portion de texte et la fovéa (ainsi que la zone parafovéale) capte entre 7 et 10 caractères, ce qui correspond à la taille de l'empan visuel à une distance moyenne de lecture pour un adulte. Les enfants ont, jusqu'à 11 ans environ, un empan de lecture un peu plus réduit. La position optimale de fixation se situe au milieu du mot (pour les mots courts) ou légèrement décalée sur la gauche (pour les mots longs), c'est-à-dire l'endroit du mot à partir duquel le plus grand nombre de lettres peut être identifié. Ceci indique que le mot sert probablement d'unité de base dans les déplacements oculomoteurs. La capacité à se placer sur le

point optimal de fixation se développe très vite puisque cette compétence est généralement acquise au bout de la première année d'apprentissage de la lecture.

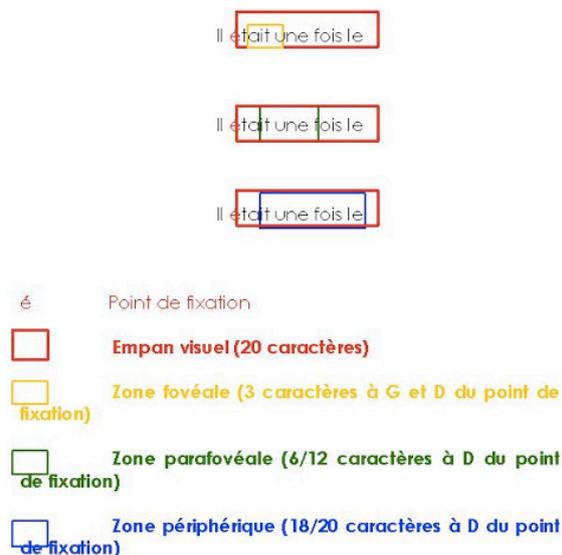


Figure 4: L'empan visuel.

3) La coordination binoculaire :

La majorité des recherches concernant les mouvements oculaires se sont attachées à l'observation de chacun des yeux pris individuellement. Or, pendant la lecture, les deux yeux bougent, et leurs mouvements respectifs doivent être cohérents et synchrones entre eux. C'est ce que l'on appelle la coordination binoculaire (Kirkby et al, 2008) (10). Celle-ci est nécessaire lorsqu'il s'agit de fixer un objet quelconque, mais le cas de la lecture est assez spécifique : lorsqu'un sujet lit, sa cible est fixe, et son regard mobile, contrairement au cas général où le regard poursuit une cible mouvante. Cette particularité se répercute sur la stratégie dite de « relais binoculaire » adoptée par le lecteur : en principe, c'est l'œil gauche qui commence une ligne, les deux yeux en lisent le milieu, l'œil droit la termine. D'autre part, l'image mentale claire et en trois dimensions d'un objet est obtenue grâce à la fusion de deux images distinctes provenant des deux yeux, sous l'effet de l'accommodation (capacité d'ajustement de la puissance oculaire pour percevoir des objets à des distances variées) et de la convergence (perte du parallélisme des axes visuels, dans le but de converger vers un objet fixé). Lors de l'activité de lecture, ces compétences permettent au lecteur d'obtenir un bon alignement oculaire, et de le conserver lors des déplacements. De la même façon, lors d'une tâche de lecture, la forme du mot n'est correctement appréhendée que si les points de fixation des deux yeux sont suffisamment proches l'un de l'autre, et à un même instant précis, de manière à se superposer parfaitement. Un tel résultat repose sur la capacité du lecteur à programmer, inconsciemment et de manière totalement automatique, les

mouvements oculomoteurs adéquats, c'est-à-dire à réaliser une praxie oculomotrice. Ceci explique l'importance pour un enfant en cours d'acquisition de la lecture d'avoir de bonnes aptitudes oculomotrices, et donc la nécessité de recourir à la rééducation orthoptique si tel n'était pas le cas. Dans la situation d'un enfant ne présentant aucun trouble de la motilité oculaire, ces compétences vont continuer à se développer sous l'effet de l'automatisation des processus lexicaux jusqu'à 9-10 ans. L'ensemble des mécanismes perceptifs et cognitifs que nous venons de décrire concerne les processus du lexique mis en jeu dans le cadre de la lecture experte. Or, l'apprentissage de la lecture demande des efforts et s'inscrit dans la durée. Nous allons maintenant évoquer le cas où un trouble spécifique de la lecture, la dyslexie, empêche l'enfant de suivre cette évolution.

III. La lecture

La saisie visuelle se situe tout à fait en amont de la reconnaissance des mots : elle correspond au module « analyse visuelle » du modèle à double voie, à la « fenêtre attentionnelle » du modèle connexionniste multi-traces, et engage le lecteur dans une suite de traitements qui aboutissent à l'identification du mot lu.

Chapitre 1 : Les mécanismes de lecture

La lecture est une opération cognitive consistant à analyser un message écrit, codé par des lettres, des mots et des phrases pour accéder au final à une signification. La compréhension est donc l'objectif de la lecture.

Apprendre à lire est un acte complexe qui nécessite de la part de l'apprenant de faire appel à des traitements de différents niveaux. Il y a d'une part la compréhension du message et de l'autre l'identification de mots.

D'un point de vue plus technique, la lecture peut être définie comme une activité psychosensorielle, impliquant à la fois des traitements perceptifs et cognitifs, qui vise à donner du sens à des signes graphiques recueillis par la vision.

$$L = R \times C$$

L : compétence en lecture

R : reconnaissance des mots isolés

C : compréhension orale sémantique et syntaxique

L'habileté à décoder et la capacité à comprendre prennent une part plus ou moins importante en fonction du niveau atteint par le lecteur. Développer des mécanismes efficaces de reconnaissance de mots écrits est un aspect essentiel de l'acquisition de la lecture. En effet dans une langue alphabétique comme le français,

l'automatisation de l'habileté à décoder revêt une importance pour le lecteur débutant.

Chapitre 2 : Un modèle à deux voies

La lecture fonctionne sur un modèle à deux voies : initié par le chercheur cognitiviste australien Max Coltheart dès la fin des années soixante-dix (Coltheart, 1978) (11).

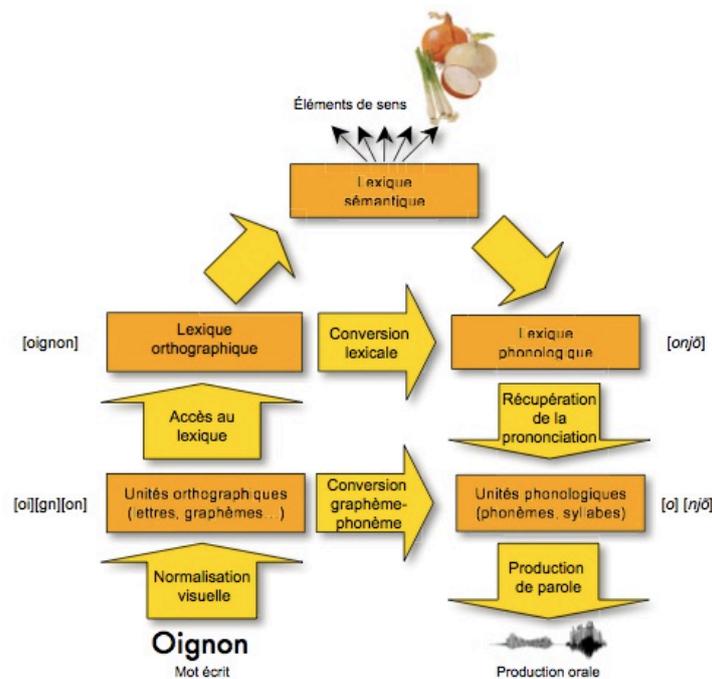


Figure 5 : Le modèle à deux voies.

Le modèle à deux voies comprend :

- La voie lexicale, voie d'adressage ou voie directe : c'est une voie visuelle de reconnaissance globale de mots connus. Elle est qualifiée de rapide. Cette voie fait appel à un lexique interne (système de reconnaissance visuelle des mots) progressivement construit au fil des expériences de lecture. Elle est la seule à autoriser la lecture des mots réguliers. Par ailleurs, elle sert à repérer immédiatement les unités riches de sens (mots ou morceaux de mots). On a ici un traitement orthographique et analogique car le lecteur se sert de sa connaissance de l'orthographe des mots et de leur prononciation, pour en traiter de nouveaux
- La voie phonologique, voie d'assemblage ou voie indirecte : cette voie permet la lecture de mots inconnus ou pseudo-mots mais aussi de mots nouveaux. On la qualifie de voie auditivo-verbale utilisant la conversion graphème-phonème. À l'inverse cette voie est lente. C'est un traitement analytique par décodage des graphèmes et codage des phonèmes. Il s'agit d'isoler et de repérer les lettres et

groupes de lettres, de les convertir en sons, d'assembler les sons obtenus en syllabes puis en mots (assemblage) et, enfin, de leur donner du sens.

La lecture par assemblage exploite le voisinage des mots : par exemple, le modèle du mot « table » est utilisé pour reconnaître celui du mot « fable » moins courant.

Pour écrire, les stratégies sont les mêmes que pour lire :

- segmenter le mot évoqué ou dicté, en syllabes ou en phonèmes ;
- évoquer les graphies correspondantes, les tracer ; respecter le découpage des mots.

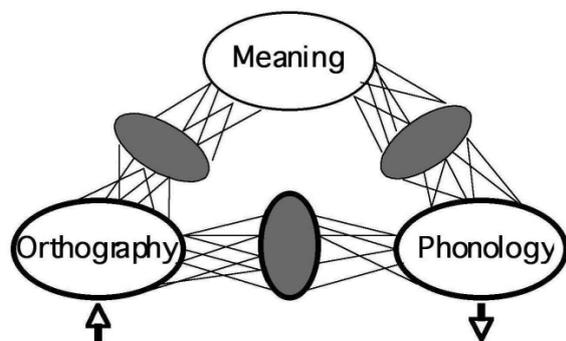
Il convient de distinguer l'assemblage phonologique (automatique et volontaire) mis en place par le lecteur compétent, du déchiffrage (lent et laborieux) de l'apprenti lecteur. L'épreuve de logatomes de BOUDES et BOUTARD (2009) (12) montre que les processus évoluent significativement jusqu'à 9 ans en lecture et 11 ans en transcription. A partir de ces âges, on peut considérer que ces mécanismes sont mis en place, même s'ils continuent d'évoluer lentement jusqu'à l'âge adulte.

Chapitre 3 : Un modèle connexionniste

Cependant le modèle à double voie est actuellement remis en cause. En effet, la lecture est une activité complexe qui ne saurait se résumer à la reconnaissance de mots isolés, et qui fait appel à tout un panel de connaissances. Il est donc difficile d'admettre la totale indépendance des deux procédures de lecture (De Partz, 2006) (13).

C'est le modèle appelé connexionniste qui va être introduit par Sylvaine Valdois en 1998 en France. Ce modèle met en avant l'existence d'une seule voie de lecture, mais utilisant deux procédures distinctes. Il inclut également une composante visuo-attentionnelle à l'activité de lecture. On le décrit comme un processus de lecture unique car il permet le décodage de tout type d'enchaînements de lettres. Comme dans le modèle à double voie, il contient deux procédures de lecture. On parle d'un traitement dit « global » pour assurer la lecture des mots familiers, et d'un traitement « analytique » pour prendre le relais, après l'échec de la procédure globale, pour les mots inconnus. Il s'agit d'un modèle à une seule voie, car les deux traitements interviennent de manière successive et uniquement lorsque la procédure globale a échoué, et non pas en parallèle comme nous l'avons décrit dans le modèle à deux voies.

Figure 6 : Le modèle connexionniste.



PARTIE 2 : La dyslexie

I. Généralités :

Chapitre 1 : Histoire

La notion de « dyslexie » fut découverte par des médecins anglais entre 1896 et 1917. Elle a été établie par un garçon de 14 ans qui déclare : « je ne comprends pas ce que j'ai : je suis intelligent, doué pour les mathématiques ; si mon professeur ne cotait que mes réponses orales, je serais premier de la classe ; mais malheureusement je suis dernier parce que mes camarades même peu doués apprennent sans difficulté ce qui malgré tous mes efforts m'est impossible : lire et écrire. » Pringle MORGAN sera donc le premier à nommer ce « trouble dyslexique ».

Par la suite, ORTON, un neuropsychiatre, a mis en évidence que le trouble dyslexique était plus important chez les garçons que chez les filles.

Chapitre 2 : Définitions et classifications

1) Définitions :

La dyslexie fait partie des troubles « dys » ou bien du Trouble Spécifique des Apprentissages : TSA. Ce trouble se définit comme une anomalie développementale, présentant aucune lésion cérébrale, qui entraîne un fonctionnement cérébral typique et non pas un simple retard de développement. Il y aura donc une perturbation dans la mise en place des apprentissages dans un domaine spécifique.

On peut définir la dyslexie à travers plusieurs points :

- Une origine neurologique où le fonctionnement du cerveau est qualifié d'atypique.
- Une atteinte de l'IME (Identification du Mot Ecrit) et de l'orthographe où la précision et la vitesse sont atteintes.

On trouve aussi des atteintes secondaires qui rentrent dans la définition :

Une atteinte sur l'habileté de haut niveau pour la compréhension et la production de textes.

- Une atteinte possible du développement langagier ultérieur au niveau de la progression du vocabulaire et des formes grammaticales.
- Une atteinte possible sur l'image et l'estime de soi.

2) Classifications :

La dyslexie fait partie de deux classifications : la CIM 10 (Classification Statistique Internationale des maladies et problèmes de santé) selon l'OMS en 2012

et la DSM-5 (Diagnostic Statistic Manuel) selon American Psychiatric Association en 2013.

La CIM 10 classe la dyslexie comme un « trouble spécifique de la lecture ». Elle est caractérisée par une altération spécifique et significative de l'acquisition de la lecture qui est non imputable à un âge mental bas, à des troubles de l'acuité visuelle ou bien à une scolarisation inadéquate. Les capacités de compréhension de la lecture, la reconnaissance des mots, la lecture orale et les performances dans les tâches nécessitant la lecture peuvent être toutes atteintes. Cependant on retrouve souvent des difficultés en orthographe lors de trouble spécifique de la lecture, et ceci persiste à l'adolescence même si l'enfant a fait des progrès en lecture. Il est fréquent que l'on trouve des antécédents de trouble de la parole ou du langage mais aussi des troubles émotionnels et des perturbations du comportement.

La DSM-5 classe la dyslexie dans les Troubles Spécifiques d'Apprentissages (TSA) avec une origine neurodéveloppementale. Ces troubles empêchent le développement des capacités pour apprendre et pour avoir des compétences attendues au niveau académique, comme la lecture, l'expression écrite et les mathématiques).

Plusieurs critères diagnostiques sont présents pour définir ce trouble :

- a) La présence d'une difficulté à apprendre ou utiliser les aptitudes académiques où au moins un symptôme est présent depuis au moins 6 mois en dépit d'intervention ciblées :
 - Difficulté de la compréhension de ce qui est lu.
 - Lecture de mots inexacte, lente ou laborieuse.
 - Difficulté d'orthographe spelling : présence de plus ou moins de lettres.
 - Difficulté en expression écrite.
 - Raisonnement mathématique.
- b) Des compétences scolaires en dessous de celles attendues pour un âge spécifique.
- c) L'apparition du trouble se manifeste au début de la scolarité (CP) mais peut aussi apparaître quand les exigences scolaires augmentent et sont difficilement réalisables pour l'enfant.
- d) Ce trouble se définit avec absence de déficience visuelle, intellectuelle, auditive.

Chez cette deuxième classification on retrouve différents degrés de sévérité du trouble :

- Léger : il y a des difficultés mais la présence d'une compensation due à des aménagements / dispositifs de soutien.
- Moyen : Il y a des difficultés marquées avec des périodes d'enseignements pour le patient et des aménagements adaptés.
- Grave : Ici les difficultés sont majeures et l'enseignement est individuel et cela pendant la scolarité.

Le DSM cite ce terme en disant qu'il s'agit d'un terme pour décrire un ensemble de problèmes d'apprentissages où les patients ont des difficultés dans la reconnaissance exacte et fluide des mots, le décodage et dans l'orthographe.

La dyslexie touche en générale 8 à 10% des enfants et est prédominante chez les garçons (3 fois plus).

Le terme de dyslexie ne peut être posé qu'après 18 mois de retard d'apprentissage de la lecture. Le diagnostic tombe souvent en CE1. Un enfant qualifié de dyslexique sera un adulte dyslexique ; c'est pour cela qu'on parle d'un trouble durable car les troubles persistent dans le temps.

Par ailleurs s'il y a juste la compréhension qui est altérée on ne peut pas parler de dyslexie. On retrouve en France, 30% de personnes qui sont qualifiés de lecteurs non experts : 5% des lecteurs sont dyslexiques, 10% ont une grande insuffisance en reconnaissance de mots et 15% ont des problèmes de compréhension.

II. Les différents types de dyslexie :

Il existe effectivement 4 types de dyslexie et leurs symptômes varient d'une forme à l'autre. Les connaître et savoir les identifier permet de personnaliser le traitement, d'adopter une prise en charge beaucoup plus ciblée et donc, de rendre la vie de l'enfant dyslexique moins pénible.

Chapitre 1 : La dyslexie phonologique ou dysphonétique

C'est la dyslexie la plus fréquente (60%). Elle est due à une atteinte de la voie d'assemblage ou voie indirecte, associée à une déficience du canal auditivo-verbal. L'enfant présente des difficultés pour déchiffrer les graphèmes-phonèmes, ce qui va aussi l'embêter pour découvrir et apprendre de nouveaux mots. L'enfant parvient à lire des mots familiers (grâce à une bonne mémorisation) mais présente des difficultés sur les nouveaux mots inconnus ou inhabituels. Sur le plan clinique, on retrouve surtout des confusions auditives et des erreurs portant majoritairement sur les mots rares ou longs, alors que les mots courts ou fréquents, qu'ils soient réguliers ou irréguliers, sont le plus souvent bien lus. La lecture de non-mots est lente et difficile, elle fait parfois apparaître des lexicalisations, c'est-à-dire des transformations de logatomes (=un logatome est constitué par une syllabe ou un groupe de syllabes appartenant à une langue, mais ne formant pas un mot ou un syntagme de sens plein), en mots existants.

Cette dyslexie phonologique est souvent associée à une dysorthographe phonologique. On observe alors une incapacité à transcrire des logatomes, des omissions, ajouts et inversions de phonèmes, ainsi qu'une orthographe grammaticale réduite. Ainsi l'enfant compense par le canal visuel : il se constitue un lexique mental (restant néanmoins pauvre et parfois mal construit) qui lui permet de reconnaître les mots connus.

Chapitre 2 : La dyslexie de surface ou dyséidétique

Dans cette forme de dyslexie, c'est la voie d'adressage ou directe qui est atteinte. Il y a une déficience du canal visuel mais plus précisément de la mémoire visuelle. L'enfant ne mémorise pas à long terme l'image des mots rencontrés, d'où un lexique interne pauvre. L'enfant va donc avoir une lecture lente, pénible ; il bloquera sur les mots irréguliers dont la forme graphique ne se superpose pas avec la forme phonologique (ne peut pas lire des mots comme femme) et les homophones. De plus, il ne respecte pas l'orthographe d'usage et le sens du mot n'est pas toujours compris par l'enfant. Autrement dit, c'est la capacité de l'enfant à comprendre le sens de ce qu'il voit ou lit.

Chapitre 3 : La dyslexie mixte

C'est la combinaison des deux formes de dyslexie, celle phonologique et celle de surface. Cette forme représente 20 % des cas rencontrés, c'est donc la forme de dyslexie la plus handicapante car elle associe des difficultés de traitement des sons et un trouble de la mémorisation de tous les types de mots.

Chapitre 4 : La dyslexie visuo-attentionnelle

Cette dyslexie est celle qui nous intéresse le plus nous les orthoptistes. Elle est liée à un traitement visuel déficitaire et à un trouble localisé de l'attention qui fausse la prise d'indices et la sélection des informations pertinentes. La dyslexie visuo-attentionnelle associe des erreurs visuo-attentionnelles de tous types, telles que des sauts de lettres, de mots, voire de lignes entières, des ajouts ou des substitutions de mots souvent en lien avec une anticipation sémantique en fonction du contexte, et une lecture lente, laborieuse et syllabée en raison de la faiblesse de l'empan visuo-attentionnel. Elle se caractérise donc par une difficulté dans l'analyse de la forme visuelle du mot entraînant un trouble du lexique et par conséquent une compréhension réduite.

Chapitre 5 : Les hypothèses explicatives

1) L'hypothèse phonologique :

La dyslexie phonologique est diagnostiquée lorsque la voie d'assemblage est défaillante, alors que la voie d'adressage est préservée. Les dyslexiques

phonologiques ont des difficultés pour l'utilisation des correspondances graphèmes-phonèmes. La voie lexicale est alors davantage utilisée pour compenser, si elle a pu suffisamment se mettre en place, ce qui n'est pas souvent le cas. Dans cette forme de dyslexie les épreuves de lecture de pseudo-mots et de mots nouveaux sont très échouées, avec de nombreuses lexicalisations. La lecture des mots familiers, connus, est cependant relativement préservée (Valdois, 2006). (14)

L'origine des troubles phonologiques seraient :

- Un déficit de précision des représentations phonologiques : qui correspond à une difficulté à spécifier des différences entre les sons.
- Un déficit de la conscience phonologique qui correspond à une difficulté à comprendre comment les sons s'organisent entre eux dans la langue.
- Un déficit de la mémoire phonologique à court terme qui correspond à une mémoire immédiate permettant de retenir un nombre limité d'informations (mots, chiffres, phrases...) le temps de les traiter.
- Un déficit de la vitesse d'accès à la mémoire phonologique.

2) L'hypothèse magnocellulaire :

a) La première hypothèse qui a donné lieu au nombre le plus important de recherches dans le domaine visuel est l'hypothèse d'une atteinte du système visuel magnocellulaire. La notion de déficit magnocellulaire renvoie à une atteinte neurophysiologique qui engendrerait des déficits des traitements visuels de bas niveau mais aussi des traitements phonologiques. Beaucoup d'enfants dyslexiques commettent plus d'erreurs visuelles que phonologiques et ont donc des difficultés à percevoir les mots dans leur globalité. Essentiellement impliqué dans le traitement des formes grossières, des informations périphériques, des stimuli brefs et en mouvement, le système magnocellulaire semble à priori peu adapté à l'activité de lecture qui requiert au contraire d'analyser en détail une information stable présentée en vision centrale.

Le dysfonctionnement de ce système magnocellulaire se situerait au niveau des corps genouillés latéraux, dont les couches neuronales seraient désorganisées tandis que le système parvocellulaire reste intact. En effet, les systèmes magnocellulaires et parvocellulaires fonctionneraient correctement au niveau périphérique, mais un dysfonctionnement aurait lieu dans les aires visuelles de plus haut niveau, recevant de façon prédominante des projections magnocellulaires. Cette dysfonction entraîne alors chez ces patients une lecture lente et une représentation visuelle peu stable.

b) La deuxième hypothèse porte sur une étude chez des dyslexiques faite par Livingstone et coll. (1991) (15). Les auteurs présentent les performances de 6 participants dyslexiques et 4 sujets témoins appariés dont les potentiels évoqués visuels ont été enregistrés pendant la présentation passive de matrices de rectangles de contrastes différents. Les participants étaient exposés soit à des matrices alternant des rectangles blancs et noirs (fort contraste) soit à des matrices alternant des rectangles gris clair et gris foncé (faible contraste). L'enregistrement des potentiels évoqués montre, chez les dyslexiques, un tracé EEG (Electro EncéphaloGramme) similaire à celui des témoins pour les stimuli à fort contraste. En revanche, la réponse électrophysiologique est indifférenciée pour les stimuli à faible contraste

contrairement aux témoins qui présentent des potentiels en phase avec le stimulus. Les auteurs concluent à l'atteinte du système visuel spécifiquement impliqué dans le traitement des faibles contrastes, à savoir le système visuel magnocellulaire.

c) La troisième hypothèse est celle d'une atteinte spécifique du système visuel magnocellulaire qui a peu à peu évolué pour tendre vers l'hypothèse d'un trouble amodal des systèmes magnocellulaires auditifs et visuels. En effet, les études mentionnant des résultats à l'appui de l'hypothèse d'une atteinte du système visuel magnocellulaire avaient tendance à conclure qu'une majorité d'enfants dyslexiques (entre 70 % et 80 %) présentaient un tel trouble (Slaghuis et coll., 1993) (16) (Stein et coll., 2000a) (17).

3) L'hypothèse des troubles visuo-attentionnels :

a) L'hypothèse de l'empan visuo-attentionnel :

Comme nous avons vu dans la première partie, l'empan visuo-attentionnel est la quantité d'éléments visuels distincts qui peuvent être traités en même temps dans une configuration de plusieurs éléments. Lors de la lecture il faut que l'attention du lecteur soit distribuée de manière équi-répartie et de façon homogène sur l'ensemble des lettres constituant le mot présenté, pour en permettre son identification correcte. Si cette attention est répartie de manière égale le mot pourra alors être correctement identifié. Par exemple pour le mot écrit « maison », l'attention doit être distribuée sur l'ensemble du mot « **maison** ».

Quand un trouble visuo-attentionnel est présent chez l'enfant dyslexique l'attention ne va donc être portée que sur certaines lettres du mot. Les lettres vont apparaître comme plus « saillantes » que les autres et ainsi construire un « nouveau mot » que celui présenté au départ. Reprenons l'exemple du mot « maison », si un trouble visuo-attentionnel est présent ; l'enfant aura par exemple une représentation comme celle-ci : « **maison** » ou bien « **maison** ». Ainsi l'identification juste du mot est impossible. Ce déficit bloque donc l'enfant à acquérir des connaissances lexicales et de se construire un système de lecture compétent lui permettant de lire normalement. Les dyslexiques auraient donc une fenêtre visuo-attentionnelle réduite ne leur permettant pas de traiter l'ensemble des lettres d'une séquence de mot, ce qui déboucherait sur des erreurs visuelles lors de la lecture (Bosse et al., 2007, 2009) (18) (19) (Lobier et al., 2012) (20).

b) L'hypothèse d'un déficit d'inhibition des détails :

Cette hypothèse décrit un enfant qui aura des difficultés à inhiber certains détails et ignorer l'information pour prendre en compte la configuration grâce à un traitement global. Par exemple en lecture, il sera attiré par certaines lettres du mot, ou bien la ponctuation au lieu d'avoir une appréhension globale du mot pour en comprendre son sens.

c) L'hypothèse de l'effet crowding ou encombrement visuel excessif :

C'est un effet négatif causé par des distracteurs visuels vis-à-vis d'un stimulus central qui doit être identifié. Une nouvelle méthode franco-italienne a permis d'améliorer de 20% la vitesse de lecture chez 74 enfants dyslexiques, âgés de huit à quatorze ans, sans aucun entraînement préalable. Les chercheurs ont pour cela augmenté l'espacement des lettres dans les mots de différentes phrases. Les personnes dyslexiques sont en effet anormalement affectées par « l'encombrement perceptif » ou *crowding* : certaines lettres sont plus difficiles à identifier lorsqu'elles sont au milieu des autres. La lecture est ralentie, et, de plus, le nombre d'erreurs augmente.

3) D'autres théories explicatives :

D'autres hypothèses expliqueraient un trouble dyslexique comme des troubles auditifs, des troubles du déplacement de l'attention et des troubles cérébelleux que nous ne détaillerons pas ici.

PARTIE III : LA PRISE EN CHARGE ORTHOPTIQUE

Les troubles « dys » peuvent être parfois difficiles à détecter. Ils correspondent à des dysfonctionnements cognitifs qui affectent l'acquisition, l'organisation, la mémorisation, la compréhension ou l'utilisation de l'information. C'est pourquoi il est important qu'un diagnostic soit posé pour pouvoir mettre en place des aides adaptées.

Le bilan orthophonique est indispensable dans le diagnostic de ce trouble, car c'est l'orthophoniste qui est habile à poser le diagnostic de dyslexie chez l'enfant. Cependant au cours des années, on a pu voir que la prise en charge orthoptique était importante pour ces enfants-là. Beaucoup d'apprentissages sont concernés par l'oculomotricité, la perception visuelle et leur implication dans l'organisation du geste. La pratique orthoptique auprès d'enfants en difficultés d'apprentissage permet de constater l'existence de troubles visuels fréquents d'ordre perceptif et/ou perceptivo-moteur pouvant avoir une incidence néfaste sur le quotidien et la scolarité même si l'acuité visuelle est normale.

I. Le bilan orthoptique :

Lors d'une suspicion, c'est à dire lorsque que le diagnostic n'est pas encore posé, ou bien lorsque la dyslexie est posée, l'orthoptiste va effectuer un bilan qualifié de neurovisuel. Il peut être conseillé par exemple par l'orthophoniste qui trouve que l'enfant auraient peut-être des troubles visuels responsables de ses difficultés, par l'école qui est au premier rang devant les difficultés rencontrées par l'enfant ou bien par l'ophtalmologue lors d'un contrôle.

Le bilan permet un diagnostic crucial entre un trouble neurovisuel et un trouble des apprentissages. On retrouve très souvent des troubles des apprentissages suite à un trouble neurovisuel. Ce qui nous intéresse ici est la lecture. La lecture nécessite l'acuité maximale de la zone centrale et les indices qui proviennent de la zone para-fovéolale.

Par exemple une atteinte du champ visuel perturbe la lecture. Si l'enfant présente une hémianopsie latérale homonyme droite, c'est à dire une amputation symétrique de la moitié du champ visuel de chaque œil, la fluidité de la lecture sera largement ralentie car le suivi de la ligne sera perturbé. Et une atteinte de l'hémichamp gauche perturbera celui du retour à la ligne.

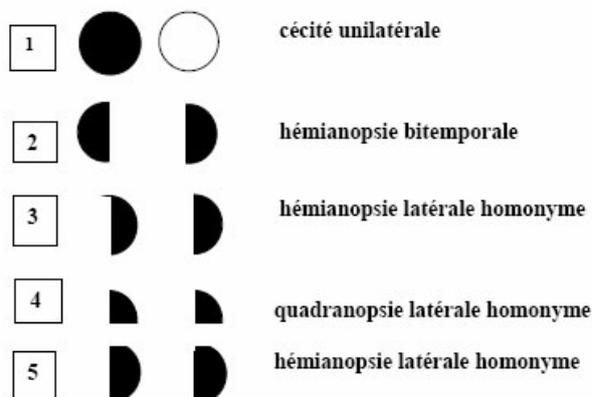


Figure 7 : Différentes amputations du champ visuel.

D'autre part, un déficit de l'attention ou une négligence spatiale unilatérale qui correspond à une négligence d'une partie du champ visuel peut entraîner une dyslexie de négligence. Mais aussi la présence de simutagnosie qui est un trouble de la reconnaissance correspondant à une incapacité à percevoir deux objets en même temps, peut empêcher le groupement des lettres qui permet la formation d'un mot.

Le bilan est décomposé en plusieurs parties. On trouve :

1) L'anamnèse :

Cette partie est très importante dans le bilan en lui-même. Elle a lieu en amont de tout test et permet de recueillir de la part du patient le plus grand nombre d'informations nécessaires pour assurer une bonne évaluation. C'est le premier contact que l'on a avec le patient.

Tout d'abord il faut demander les antécédents visuels et s'il y a des plaintes. Ce qui nous intéresse et nous interpelle dans les plaintes sont les difficultés que l'enfant rencontre à l'école, en français, lors de la lecture, de l'écriture : lecture difficile, lente, sauts de lignes, de mots, de lettres, de syllabes...

Par la suite il est important de demander si l'enfant a réalisé d'autres bilans, comme un bilan orthophonique, psychomoteur, si un ou plusieurs diagnostics ont été posés et si des rééducations sont en cours ou bien ont déjà été réalisées.

2) Bilan sensoriel :

Le bilan sensoriel correspond à la capacité à discriminer, à distinguer, à voir net et simple.

L'orthoptiste va tester l'acuité visuelle, les capacités fusionnelles ainsi que l'acuité stéréoscopique. Il est important de savoir si l'enfant ne présente pas de diplopie ce qui le gênerait énormément lors de la lecture ou voir si sa vision est nette. Si ce dernier dit voir flou, il faut demander à quand remonte le dernier contrôle ophtalmologique ou quand ont été faites les dernières paires de lunettes ; et orienter en fonction des réponses.

La toute première base est d'avoir une acuité visuelle la plus maximale qu'elle soit corrigée ou non, pour pouvoir envisager par la suite la lecture.

3) Bilan optomoteur :

Il est défini comme la capacité à orienter son regard. Cette partie de bilan comporte le parallélisme, la motilité, le PPC (Punctum Proximun Convergence) et la motricité conjuguée qui comprend l'étude de la fixation, des poursuites et des saccades.

Cette partie est très importante du fait que la fixation et les saccades étaient indispensables dans le fonctionnement de la lecture. Pour une bonne lecture, il faut que la fixation soit stable, que les saccades soient bien calibrées et bien durables. De plus le parallélisme des axes visuels est important. La présence d'une phorie ou tropie peut pénaliser l'orientation du regard.

4) Bilan fonctionnel :

Cette partie objective la plainte et la perte d'efficacité, c'est à dire les capacités à intervenir. L'orthoptiste doit faire un choix pertinent de tests pour faire une mise en relation des éléments sensoriels et optomoteurs de la vision. Le bilan fonctionnel permet d'argumenter le diagnostic orthoptique en faisant un lien entre le motif de consultation et le bilan orthoptique lui-même. De plus le patient comprend mieux son comportement visuel par les explications de l'orthoptiste.

Nous parlerons ici de plusieurs tests étalonnés qui nous intéressent chez le dyslexique. Ces tests étalonnés permettent de travailler en collaboration étroite avec différents intervenants et donc d'avoir un langage et une « logique » communs. Ces tests sont donc reproductibles, standardisés et étalonnés selon des normes. Par exemple ici, le test de barrage, le test d'ELFE et celui de l'épreuve de copie sont des tests que nous avons en communs avec les orthophonistes.

a) Le TVPS4 (Test of Visual Perceptual Skills) qui permet une évaluation pour déterminer les forces et les faiblesses de la perception visuelle de l'enfant de 4 ans à 18 ans. Il teste des fonctions exécutives de bas et hauts niveaux. Il est intéressant de voir l'évolution chez l'enfant dyslexique

Les fonctions exécutives désignent des processus cognitifs et regroupent des fonctions élaborées comme la logique, la stratégie, la planification, la résolution de problèmes et le raisonnement. Elles interviennent essentiellement dans les situations qui demandent de la réflexion et de la créativité, lorsqu'il est nécessaire de s'adapter à des situations nouvelles non routinières. (21)

Le TVPS 4 comporte 7 catégories qui sont à la base de la perception visuelle. Ce test permet par la suite de travailler certaines catégories qui peuvent être déficitaires chez l'enfant dyslexique, par le biais d'exercices lors de la rééducation. On peut aussi refaire passer le TVPS en fin de suivi pour en voir l'évolution. Ces différentes catégories comportent des conséquences sur la lecture, l'écriture et l'orthographe. Nous trouvons :

- La discrimination visuelle : elle sollicite la fixation pour la finesse de la perception, la motricité oculaire pour le captage. Elle correspond à la capacité à reconnaître un élément sur un fond simple.

Les conséquences sont des confusions visuelles, avec des difficultés à discerner le nombre de jambes des lettres m/n, des confusions entre certaines lettres ou chiffres : n/h, 2/5, 12/21... Mais aussi des difficultés dans les similitudes des formes, de lettres : p/q, d/b ou bien de mots qui se ressemblent : marin/matin, chapeau/château. La discrimination visuelle est donc importante pour la lecture et sa compréhension.

- La mémoire visuelle : elle sollicite une bonne fixation, discrimination et concentration. Elle correspond à la capacité de se rappeler ce que les yeux ont vu et teste donc la mémoire à court terme qui contient des données jusqu'à 30 secondes. Les conséquences sont des confusions de lettres et de chiffres, une production d'écrits pauvres, une compréhension difficile qui entraîne une lecture chuchotée avec

une compensation auditive mais aussi une tâche de copie qui est longue et très couteuse pour l'enfant.

Les relations spatiales : elles sollicitent la notion de droite/gauche et de latéralité sur l'individu (utilisation des côtés du corps).

Les conséquences sont des difficultés de retour à la ligne, dans le sens de lecture du texte ou bien de l'écriture.

La constance de forme : elle sollicite des constances de tailles, de formes, d'orientation, de position...

Les conséquences sont des difficultés pour l'enfant de reconnaître une lettre si elle est à l'envers par exemple.

La mémoire des séquences : elle correspond à la capacité à percevoir et à se souvenir de formes ou de caractères dans un ordre donné. Par exemple en lecture, de nombreux mots sont appris par la reconnaissance visuelle et ne sont pas phonétiques.

Les conséquences sont des oublis de lettres dans un mot, une lenteur de copie et d'écriture et une lenteur de lecture qui entraîne une difficulté de compréhension dans les règles d'analyse des syllabes d'un mot.

La figure-fond : elle correspond à la capacité à distinguer un objet ou une forme des éléments environnants qui constituent le fond. C'est grâce à cela que l'enfant est capable de retrouver un mot dans un texte.

Les conséquences sont que l'enfant a du mal à se fixer sur un point dans une page car il est distrait par l'environnement.

La fragmentation visuelle : elle sollicite l'analyse des positions, de l'orientation, des dimensions... et est très significative dans la dyslexie visuo-spatiale.

Les conséquences sont des difficultés dans l'écriture, la compréhension, l'épellation et dans le langage écrit avec des confusions entre des mots qui commencent et finissent de la même façon.

b) Le test des barrages des H. Il permet d'étudier les stratégies d'exploration visuelle chez l'enfant. Il est important que l'enfant ait une stratégie qualifiée de linéaire et dans le sens conventionnel de lecture de gauche à droite.

c) Le test de ELFE (Evaluation de Lecture en FluencE). Il permet d'étudier la vitesse de lecture chez l'enfant à partir d'un texte qui ne pose pas de problème de compréhension.

d) Le test de « la baleine ». Il correspond à un test de copie. Il permet d'étudier ce que l'enfant peut écrire et comment il l'écrit pendant un temps donné. Chez le dyslexique la difficulté est clairement rencontrée.

e) Le DEM Test (Developmental Eye Movement Test). Il comporte deux parties de chiffres : une verticale qui permet de réduire les mouvements oculaires et d'étudier la performance visuo-verbale et une horizontale qui permet d'étudier la composante oculomotrice. Cependant ce test ne permet pas de conclure si l'enfant présente de

bonnes ou mauvaises organisations de saccades mais une performance de lecture et vitesse de traitement visuel.

A la fin du test en fonction des résultats obtenus, on obtient la possibilité de 4 types de résultats : type I = bonnes performances visuo-verbales et oculomotrices, type II = dysfonctionnement oculomoteur, type III = difficultés de lecture et type IV = difficultés de lecture et dysfonctionnement oculomoteur.

II. La rééducation orthoptique.

La rééducation neurovisuelle permet de traiter les pathologies visuo-attentionnelles. Notre objectif sur le plan visuel est de proposer des exercices afin de développer l'attention, la mémoire visuelle, la représentation dans l'espace, la coordination main-œil et d'acquiescer des poursuites et des saccades plus performantes. La rééducation orthoptique ne remplace pas la rééducation orthophonique, mais peut permettre de la faire évoluer plus rapidement et positivement en cas de problèmes visuels surajoutés. Il y a une complémentarité des rééducations, l'une et l'autre permettent aux capacités de l'enfant de mieux s'exprimer, et facilitent sa rééducation. Il ne s'agit pas de guérir ses troubles visuo-attentionnels, mais de chercher avec l'enfant des moyens de compensation adaptés.

La rééducation est propre à chaque enfant et doit être adaptée en fonction de la personne que nous avons en face de nous. Beaucoup de paramètres doivent rentrer en compte lors du bilan réalisé auparavant et lors du suivi, comme l'attention que l'enfant porte à ce qu'on lui propose, sa plainte, son envie de travailler... c'est pour cela qu'il faut essayer de rester le plus ludique possible tout en travaillant au mieux les points à améliorer.

Grâce au bilan réalisé en amont, l'orthoptiste peut alors savoir les différents points à rééduquer lors de ces séances. Nous allons parler ici de différents points que l'on peut travailler.

1) La motricité oculaire :

Elle consiste à faire travailler les poursuites et les saccades oculaires qu'elles soient dans l'espace ou bien sur support papier. Les saccades sont indispensables pour lire et doivent être calibrées et endurantes pour permettre une bonne base de lecture. On peut faire travailler les saccades avec par exemple des jeux de différences ou bien un livre de saccades.

2) Les capacités fusionnelles :

Les yeux peuvent faire des mouvements de vergences disconjugués: soit en convergence soit en divergence. Lors de la lecture la coordination oculaire est très importante. C'est pour cela que lors d'insuffisance de ces capacités fusionnelles, en convergence, l'orthoptiste va faire travailler le patient.

3) Les capacités de la perception visuelle :

Comme nous l'avons vu tout à l'heure, elle comprend plusieurs catégories d'items que l'orthoptiste peut travailler de manière distincte avec par exemple des jeux de barrages ou d'intrus pour travailler la discrimination visuelle, des jeux de transposition pour la constance de forme...

Il existe aussi un livre « Les capacités de perception visuelle pour les enfants dyslexiques » d'Aliki Tossotaki (Orthophoniste) regroupant les différentes catégories à travailler. Il est centré pour ces enfants-là à travers des multitudes d'exercices ludiques.

La rééducation orthoptique permet aussi la mise en place de possibles aménagements comme un plan incliné ou un pupitre, des codes couleurs pour les exercices de lecture (début et fin de lignes par exemple), grossir les supports écrits, les aérer, les contraster, utiliser des textes à trous...

III. Vers de nouvelles aides, inventions, techniques...

Avec le temps, beaucoup de recherches ont eu lieu sur les dyslexiques et certaines aides ont été commercialisées pour aider le quotidien de ces personnes.

1) Lexilight, la lampe d'aide à la lecture conçue pour les dyslexiques.

Selon les recherches des physiiciens français Albert Le Floch et Guy Ropars, les personnes non dyslexiques ont tous un œil dominant ce qui est essentiel pour lire. Cependant chez les dyslexiques, la particularité serait que les deux yeux soient dominants ce qui va créer deux informations différentes au cerveau. Il y aura alors confusion de deux images miroirs qui perturbent la lecture.

Ainsi la lampe de bureau Lexilight permettrait au cerveau de traiter l'information comme si elle ne provenait que d'un seul œil dominant. Les images miroirs disparaissent et le dyslexique retrouve un confort de lecture immédiat. Cela serait dû à la combinaison d'une lumière pulsée et modulée qui permettrait d'effacer l'effet miroir que perçoit le dyslexique. (22)

2) Les lunettes dyslexia.

La startup Abeye a conçu des lunettes spécialement pour les dyslexiques. Le dispositif se situe dans les branches. Les lunettes filtreraient l'image miroir et permettraient donc une lecture fluide et sans effort. Elles seraient bientôt disponibles chez certains opticiens. (23)

3) La police Open Dyslexie, une police pour faciliter la lecture.

La police Dyslexie a été développée et connue spécialement pour les personnes dyslexiques. Elle permet une lecture plus facile.



Figure 8 : Police Opendyslexique.

Cette police contient plusieurs caractéristiques :

- Une base plus lourde où le centre de gravité se situe en bas ce qui leur évite l'inversion des lettres et ajouter une ligne de base claire.
- Des lettres inclinées qui rendent plus facile de distinguer quand ce sont des « lettres jumelles ». Par exemple : b et d.
- Une ouverture des lettres élargie qui permet une meilleure différenciation des lettres par leur forme plus accentuée.
- Des formes différentes où les formes des lettres sont légèrement ajustées pour diminuer les chances de basculer et de les refléter.
- Des bâtons plus longs ce qui aide à diminuer les difficultés d'inversion des lettres. Par exemple : augmenter le bâton du p, du h..
- Des lettres majuscules et la ponctuation en gras pour appuyer sur le début et fin de phrases et accentuer sur les ponctuations telles que les virgules.
- Des lettres de différentes hauteurs qui fait donc qu'une lettre est un caractère unique.
- Des lettres plus aérées où la hauteur des lettres est agrandie mais pas la largeur. Ainsi les lettres sont plus faciles à distinguer.
- Un meilleur espacement des lettres entre elles mais aussi entre les mots qui permet une lecture plus pratique et un effet de désordre moindre. (24)

Cependant une étude a été réalisé pour étudier dans quelle mesure une police spécialisée en dyslexie, ici OpenDyslexie, aurait affecté un changement sur le taux de lecture ou la précision. Cette étude a été faite sur des élèves du primaires souffrant de dyslexie. La police OpenDyslexie a été comparé à deux polices couramment utilisées : Arial et Times New Roman, lors de 3 tâches de lecture : la dénomination de lettres, la lecture es mots et la lecture des mots absurdes.

Les résultats obtenus lors de cette expérience ne montrent aucune amélioration de la vitesse de lecture ou de la précision pour les élèves atteints de dyslexie. Les participants ont seulement déclaré que la police était « nouvelle » ou « différente ». Ces résultats indiquent donc qu'il n'y a aucun avantage à traduire des documents avec cette police là. (25)

4) EyeBrain T1: l'aide au diagnostic de la dyslexie.

EyeBrain développe des marqueurs du fonctionnement cérébral pour les maladies neurologiques psychiatriques et les troubles de l'apprentissage. Un dispositif EyeBrain T1 a été conçu pour aider au diagnostic de la dyslexie. Ce dispositif médical mesure le mouvement des yeux grâce à une série de tests basés sur l'oculomotricité. Il est présenté sous la forme d'une « paire de lunettes » que l'on place sur le nez du patient. « L'examen des mouvements oculaires des enfants par vidéo-oculographie est fondamental dans le diagnostic précis des désordres oculomoteurs mais aussi dans celui des troubles de l'apprentissage comme la dyslexie », souligne le Dr Emmanuel Bui Quoc, Chef du service Ophtalmologie à l'hôpital Robert Debré, Paris.

Cet outil vient s'ajouter au reste du bilan pour quantifier les paramètres oculomoteurs lors de la lecture et les comparer à des normes pour détecter le plus tôt possible le trouble. L'examen dure de 2 à 15 minutes.

L'EyeBrain permet :

- l'extraction d'un large panel de paramètres lors d'une tâche de lecture (nombre de saccades progressives et régressives, amplitude de ces saccades, temps de fixation notamment),
- la réalisation de tests de saccades et de poursuite,
- la passation de tâches de recherche visuelle : comparaison des résultats de recherche de lettres et de lecture, ou encore la mesure de la disconjugaison binoculaire. (26)

Ce dispositif est une piste de rééducation chez l'enfant dyslexique. Deux études ont été faites pour explorer l'effet d'une rééducation visuelle informatisée chez des enfants dyslexiques français et italiens. La rééducation utilisée consistait en quatre exercices différents : tâche de dénomination rapide, faire des saccades vers la droite, perception du mouvement et le test de Stroop (ce test consiste à retenir soit les mots soit la couleur), exécutés à la maison, quinze minutes par jour, cinq jours par semaine, pendant huit semaines. Dans la première étude menée sur des enfants français dyslexiques, les résultats montrent aucuns effets de la rééducation sur les capacités de lecture. Cependant, après la rééducation, les enfants dyslexiques ont présenté une amélioration dans des tests mesurant les aptitudes phonologiques, les aptitudes visuo-attentionnelles, la mémoire verbale et l'écriture. La même rééducation a été testée sur un groupe d'enfants dyslexiques italiens. Chez eux, la difficulté de chaque exercice augmentait au fur et à mesure que l'enfant obtenait un score de 90 % de réponses correctes à l'exercice en question. Après cette rééducation, nous avons observé que, chez la majorité des enfants dyslexiques (69 %), le nombre de syllabes lues à la seconde et leur durée de fixation s'amélioraient considérablement et que la durée totale de lecture d'un texte était significativement raccourcie (chez 75 % d'enfants dyslexiques). Les résultats différents entre ces deux études peuvent être

des aux types de rééducation qui ne sont pas les mêmes. Il semblerait qu'augmenter progressivement la difficulté des exercices serait utile pour les enfants dyslexiques, bien que la différence de langue (français versus italien) pourrait avoir un impact sur l'efficacité de cette rééducation. Des recherches supplémentaires sur des rééducations visuo-attentionnelles seront nécessaires pour confirmer ces résultats sur les dyslexiques en France et dans d'autres pays. (27)

Conclusion :

De nos jours il est reconnu que certains enfants dyslexiques présentent un déficit phonologique responsable de leurs difficultés d'apprentissage de la lecture. Cependant les études se succèdent et mettent en évidence une forte hétérogénéité des troubles dyslexiques. L'étude spécifique d'enfants dyslexiques présentant un retard important d'apprentissage de la lecture en dépit de bonnes aptitudes méta phonologiques et langagières, nous a conduits à faire l'hypothèse de troubles visuels associés. Les études menées depuis ont permis de montrer que ces troubles sont relativement fréquents dans la population dyslexique et qu'ils se rencontrent souvent indépendamment de toute atteinte phonologique. Nous pouvons dire aujourd'hui qu'un déficit des capacités visuo-attentionnelles est une origine des troubles dyslexiques. Ceci devrait avoir des conséquences au niveau pédagogique de façon à encourager le recours à des exercices spécifiques d'entraînement visuel lors de l'apprentissage de la lecture. D'autre part, il est de même au niveau de la prise en charge rééducative orthoptique pour conduire à des rééducations spécifiques portant sur l'entraînement des aptitudes visuo-attentionnelles. L'orthophonie et l'orthoptie sont donc complémentaires dans la prise en charge du dyslexique.

Il faut cependant garder à l'esprit que l'hypothèse visuo-attentionnelle ne permet pas de rendre compte de l'ensemble des troubles dyslexiques, puisqu'un nombre non négligeable d'enfants semblent ne présenter aucune des caractéristiques de ce trouble malgré un retard d'apprentissage de la lecture important. Il semble donc raisonnable de penser que notre analyse des troubles dyslexiques est encore très incomplète et qu'on ne peut diagnostiquer un enfant sans un bilan orthophonique complet et argumenté. C'est la raison pour laquelle il faut penser à une origine multifactorielle des dyslexies.

Un enfant dyslexique présente souvent d'autres troubles des apprentissages qui entravent davantage sa scolarité et son quotidien. Il faut alors être vigilant lors de notre bilan et prise en charge de cette « multi difficulté » chez l'enfant.

Bibliographie :

- (1) Meeting, U. D. M. C. de R. en S. N. I. (2001). *Vision : From Neurons to Cognition*. Gulf Professional Publishing.
- (2) Denison, R. N., Vu, A. T., Yacoub, E., Feinberg, D. A., & Silver, M. A. (2014). Functional mapping of the magnocellular and parvocellular subdivisions of human LGN. *NeuroImage*, 102, 358-369. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.07.019>
- (3) Livingstone, M. S., Rosen, G. D., Drislane, F. W., & Galaburda, A. M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88(18), 7943-7947. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC52421/>
- (4) Livingstone, M. S., & Hubel, D. H. (1988). Do the relative mapping densities of the magno- and parvocellular systems vary with eccentricity? *Journal of Neuroscience*, 8(11), 4334-4339. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.08-11-04334.1988>
- (5) Yamasaki, T., & Tobimatsu, S. (2012). Electrophysiological assessment of the human visual system. In *Visual Cortex: Anatomy, Functions and Injuries* (p. 37-67).
- (6) *Toward a Theory of Automatic Information Process in Reading*. (2005, octobre 21). Reading Rockets. <https://www.readingrockets.org/articles/researchbytopic/4902>
- (7) Rayner, K., McConkie, G. W., & Zola, D. (1980). Integrating information across eye movements. *Cognitive Psychology*, 12(2), 206-226. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90009-2](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90009-2)
- (8) Habib M. (2002). Bases neurologiques des troubles spécifiques d'apprentissage. In *Dyslexie et Dysphasie. Réadaptation 486*, Éditions ONISEP, p. 16-28.
- (9) Javal E. (1905). *La Physiologie de la lecture et de l'écriture*. Éditions Félix Alcan, Paris.
- (10) Kirkby, J. A., Webster, L. A. D., Blythe, H. I., & Liversedge, S. P. (2008). Binocular coordination during reading and non-reading tasks. *Psychological Bulletin*, 134(5), 742-763. <https://doi.org/10.1037/a0012979>
- (11) COLTHEART M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. in G. Underwood (ed) *Strategies of Information Processing*, Academic Press, Londres, p. 151-216.
- (12) BOUDES G., BOUTARD C. (2009), *Logator (manuel)*, Isbergues, Orthoéditions
- (13) DE PARTZ M.-P. (2006). Les modèles de la lecture compétente. In VAN HOUT A., ESTIENNE F. *Les dyslexies : décrire, évaluer, expliquer, traiter*. Éditions Masson, Paris, p. 49-55.
- (14) Valdois S., *Visages de la dyslexie*, Québec français, Numéro 140, hiver 2006, p. 72-74

- (15) Livingstone, M. S., Rosen, G. D., Drislane, F. W., & Galaburda, A. M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88(18), 7943-7947. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC52421/>
- (16) Slaghuis WL, Lovegrove WJ, Davidson J. Visual and language processing deficits are concurrent in dyslexia. *Cortex*. 1993; 29:601-615
- (17) Stein J, Talcott J, Walsh V. Controversy about the visual magnocellular deficit in developmental dyslexics. *Trends in Cognitive Sciences*. 2000a; 4:209-211
- (18) Bosse ML, Tainturier MJ, and Valdois S. Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104(2): 198e230, 2007.
- (19) Bosse ML and Valdois S. Influence of the visual attention span on child reading performance: A cross-sectional study. *Journal of Research in Reading*, 32(2): 230e253, 2009.
- (20) Lobier M, Zoubrinetzky R, Valdois S (2012). The visual attention span deficit in dyslexia is visual and not verbal. *Cortex*, 48(6): 768-773.
- (21) Théro, H. (2015). Ce dossier a bénéficié de la validation scientifique de : 20.
- (22) *Lexilight—Découvrez la lampe conçue pour les dyslexiques*. (s. d.). Consulté 25 mars 2020, à l'adresse <https://lexilife.com/fr/22-lampe-lexilight.html>
- (23) *France-Monde | CES: deux technologies françaises pour corriger la dyslexie*. (s. d.). Consulté 25 mars 2020, à l'adresse <https://www.ledauphine.com/france-monde/2020/01/09/ces-deux-technologies-francaises-pour-corriger-la-dyslexie?fbclid=IwAR2FnOBRer6jUEbLrwnNwTyOln6erCZ6Y22ErLTHC35b15iYWKu86Z-y56o>
- (24) Dyslexie: Une police OpenDys pour faciliter la lecture. (2018, avril 4). *Blog Hop'Toys*. <https://www.bloghoptoys.fr/la-police-dyslexie-liens-et-nouveautes-2>
- (25) Wery, J. J., & Diliberto, J. A. (2017). The effect of a specialized dyslexia font, OpenDyslexic, on reading rate and accuracy. *Annals of Dyslexia*, 67(2), 114-127. <https://doi.org/10.1007/s11881-016-0127-1>
- (26) EyeBrain aide les orthoptistes à diagnostiquer la dyslexie. (s. d.). *PRVF*. Consulté 28 mars 2020, à l'adresse <http://frci-idf.com/eyebrain-aide-les-orthoptistes-a-diagnostiquer-la-dyslexie/>
- (27) Chapitre-4-Maria-Pia-Bucci.pdf. (s. d.). Consulté 27 avril 2020, à l'adresse <http://www.observatoire-groupeoptique2000.fr/wp-content/uploads/2019/06/Chapitre-4-Maria-Pia-Bucci.pdf>

