

UNIVERSITE DE POITIERS
Faculté de médecine et de pharmacie
Ecole d'orthophonie

Année 2013-2014

MEMOIRE
en vue de l'obtention du certificat de capacité d'orthophonie
présenté par

Pauline Paez

Etude de la corrélation entre langage écrit et perception des mouvements biologiques dans le développement typique de l'enfant et le développement atypique de l'enfant dyslexique.

Directeur du mémoire : Madame Bidet-Ildei Christel, Maître de Conférences

Membres du jury : Madame Bidet-Ildei Christel, Maître de Conférences
Madame Maréchal Elisa, Orthophoniste
Madame Quémart Pauline, Maître de Conférences

UNIVERSITE DE POITIERS
Faculté de médecine et de pharmacie
Ecole d'orthophonie

Année 2013-2014

MEMOIRE
en vue de l'obtention du certificat de capacité d'orthophonie
présenté par

Pauline Paez

Etude de la corrélation entre langage écrit et perception des mouvements biologiques dans le développement typique de l'enfant et le développement atypique de l'enfant dyslexique.

Directeur du mémoire : Madame Bidet-Ildei Christel, Maître de Conférences

Membres du jury : Madame Bidet-Ildei Christel, Maître de Conférences
Madame Maréchal Elisa, Orthophoniste
Madame Quémart Pauline, Maître de Conférences

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de mémoire Christel Bidet-Ildei, pour son implication et sa réactivité durant toute cette année. Merci pour tous tes conseils, tes encouragements et tes multiples relectures qui m'ont aidée à mener à bien ce mémoire.

Merci à mesdames Elisa Maréchal et Pauline Quémart pour l'intérêt qu'elles ont porté à ce mémoire et pour l'honneur qu'elles m'ont fait de participer au jury de ma soutenance.

Je tiens également à remercier les orthophonistes Laurelle Lassalle et Lydie Labiole qui m'ont accueillie en stage durant toute cette année et qui ont rendu possible les passations et l'entraînement auprès des patients dyslexiques. Laurelle, les deux années de stage passées à tes côtés ont confirmé mon intérêt pour ce métier. Ta gentillesse, ton expertise, et ta passion seront toujours pour moi un exemple à suivre. Lydie, merci pour ton dynamisme, pour tout ce que tu m'as appris durant cette année et pour tes conseils avisés qui m'aideront dans mon futur d'orthophoniste.

Merci également aux orthophonistes Sabine Lemarchand, Sylvie Roques, Mélanie Mulero et Caroline Wurtz pour avoir rendu possibles les passations auprès de vos patients et pour l'intérêt que vous avez porté à mon mémoire.

Merci à tous les patients qui ont participé de bon cœur à mon expérience et dont j'ai pu observer l'évolution durant un an. Merci à leurs parents qui se sont rendus disponibles et qui ont donné leur autorisation.

Je remercie aussi tous les enfants des écoles primaires la Salle à Pibrac et Cantelauze à Fonsorbes et leurs enseignants pour avoir pris de leur temps scolaire pour participer à mon étude.

Je tiens tout particulièrement à remercier mes parents et Thomas qui m'ont aidée à suivre la voie que j'avais choisie et qui m'ont soutenue dans les moments difficiles et suivie dans les moments heureux.

Enfin je remercie toute ma promotion avec qui j'ai passé quatre années inoubliables, et tout particulièrement Elodie et Pauline qui m'ont hébergée, soutenue, et conseillée durant toute cette année.

Table des matières

Liste des tableaux :	1
Liste des figures :	1
Liste des abréviations :	2
Introduction	3
Introduction théorique	5
I. Les troubles des apprentissages touchant le langage écrit : La Dyslexie	5
A. La lecture :	5
1. L'œil : outil perceptif indispensable à la lecture:.....	5
2. Processus de reconnaissance des mots.....	6
3. Théorie des deux voies de lecture.	7
4. Les processus neurologiques de la lecture :	9
B. La Dyslexie.....	11
1. Définition :	11
2. Différents types de dyslexies :	13
3. Neurophysiologie des enfants dyslexiques :	14
4. Les théories de l'origine de la dyslexie :	15
C. Les comorbidités :	18
1. La dysorthographe :	18
2. Des troubles du langage oral :.....	18
3. Enfants en échec scolaire : troubles psychologiques associés :.....	19
II. Le lien entre langage et action	20
A. La perception des mouvements biologiques:.....	20
1. Tester la capacité de perception des mouvements biologiques :	20
2. Perception des mouvements biologiques : une capacité innée :	22
B. Le Système des neurones miroirs :	23
1. Définition :	23
2. Neurophysiologie : le siège des neurones miroirs :	24
3. Les fonctions des neurones miroirs :	25
C. Lien entre motricité et langage	28
1. Introduction :.....	28
2. Langage oral et action :.....	29
3. Langage écrit :.....	35
Partie Pratique	38
III. Problématique et Hypothèse :	38
A. Problématique :	38
B. Hypothèses.....	39
IV. Matériel et Méthodes	39
A. Population :.....	39
B. Matériel et Protocole :	40
1. Stimuli principaux de l'expérience 1 :	41
2. Evaluations complémentaires :	45
V. Analyses des données :	47
VI. Analyse des résultats de l'expérience 1 :	48

A.	Comparaison des deux groupes aux évaluations complémentaires :.....	48
1.	Le caractère imaginable des mots :.....	48
2.	Epreuves de langage :	48
3.	Epreuves de la WNV :	49
4.	Epreuves de motricité et d'attention visuelle :.....	50
B.	Calcul de la corrélation entre les tâches de perception de mouvements biologiques et de décision lexicale :	50
1.	Chez les contrôles :	51
2.	Chez les dyslexiques :.....	51
C.	Comparaison des deux groupes aux stimuli principaux :.....	51
1.	Tâche de décision lexicale :	51
2.	Tâche de décision de mouvements :	53
VII.	Discussion	55
A.	Interprétation des résultats et réponses aux hypothèses	55
Expérience 2 : Tentative de rééducation de la lecture de verbes grâce à l'observation de mouvements biologiques :..... 58		
VIII.	Problématique et Hypothèses	58
A.	Problématique :.....	58
B.	Hypothèses :	58
IX.	Matériel et Méthode :.....	59
A.	Population :.....	59
B.	Procédure :	60
1.	Épreuve préalable : Décision lexicale de verbes :	60
2.	L'entraînement :	60
3.	Epreuves après entraînement:	63
X.	Analyses des données :	63
XI.	Résultats de l'expérience 2	64
A.	Comparaison des performances en décision lexicale de verbes avant et après entraînement.	64
B.	Comparaison des performances en décision lexicale et décision de mouvements avant et après entraînement :.....	65
1.	En décision lexicale :	65
2.	En décision de mouvement :.....	66
C.	Calcul de la corrélation après entraînement :	67
XII.	Discussion	67
A.	Interprétation des résultats et réponses aux hypothèses :	67
B.	Critiques :	69
XIII.	Discussion Générale	70
XIV.	Conclusion :.....	72
Bibliographie		73
Annexes		I

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Descriptif de la population de l'expérience 1	40
Tableau 2 : Appariement des verbes d'actions et des noms concrets	41
Tableau 3: Résultats moyens et écarts-types entre patients et contrôles aux épreuves de langage	49
Tableau 4: Résultats et écarts significatifs entre les deux groupes aux épreuves de la WNV .	49
Tableau 5: Résultats et écarts significatifs entre les deux groupes aux épreuves de motricité et d'attention visuelle	50
Tableau 6: Descriptif de la population de l'expérience 2.....	59
Tableau 7 : Résultats et écarts-types entre le nombre de bonnes réponses avant et après l'entraînement en fonction du type d'entraînement :	64
Tableau 8: Résultats et écarts-types entre le temps de réponse avant et après l'entraînement, quel que soit le type d'entraînement.	65
Tableau 9: Comparaison des pourcentages de bonnes réponses et des temps de réponses à l'épreuve de décision lexicale avant et après entraînement :	65
Tableau 10 : Comparaison des pourcentages de bonnes réponses et des temps de réponses à l'épreuve de décision de mouvements avant et après entraînement :	66
Tableau 11: Comparaison des capacités de perception de mouvements des enfants dyslexiques après l'entraînement de l'expérience 2 et de celles des enfants contrôles de l'expérience 1 :.	66

Liste des figures :

Figure 1: Procédure expérimentale	44
Figure 2: Comparaison des pourcentages de bonnes réponses des deux groupes en décision lexicale	52
Figure 3: Comparaison des temps de réponses des deux groupes en décision lexicale	53
Figure 4: Comparaison des pourcentages de réussite des deux groupes en décision de mouvements	54
Figure 5 : Comparaison des temps de réponses des deux groupes en décision de mouvements	54

Liste des abréviations :

- ANOVA : Analysis of Variance
- AVI : Audio Video Interleave
- AVC : Accident Vasculaire Cérébral
- BALE : Batterie Analytique du Langage Ecrit
- CE1 : Cours Elémentaire 1
- CIM 10 : Classification Internationale des Maladies et problèmes de santé connexes 10
- CM2 : Cours Moyen 2
- CP : Cours Préparatoire
- DS : Division standard
- DSM IV : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder IV
- INSERM : Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale
- IRM : Imagerie par Résonance Magnétique
- M-ABC : Batterie d'Evaluation du Mouvement chez l'enfant
- QI : Quotient Intellectuel
- WNV : Echelle Non Verbale d'intelligence de Wechsler

Introduction

Les systèmes langagier et moteur ont longtemps été considérés comme indépendants l'un de l'autre. Depuis quelques années des auteurs ont découvert des liens entre ces deux entités. Notamment des études ont révélé que les troubles acquis mais aussi développementaux du langage étaient souvent accompagnés de troubles moteurs ou de troubles de la perception des mouvements biologiques. Dans la littérature les recherches se sont surtout concentrées sur le lien entre la motricité ou la perception des mouvements et le langage oral.

Or, la neurologie de la lecture décrite par Dehaene (2007), nous a révélé que la lecture était contrôlée par une aire corticale spécialisée : « la région de la forme visuelle des mots » qui soutient la reconnaissance des mots, mais aussi que cette aire était en interconnexion avec de nombreuses aires cérébrales intervenant dans le langage oral.

De ce fait il est intéressant de voir si le lien entre le langage oral et la perception des mouvements biologiques est aussi présent avec le langage écrit.

Seuls quelques auteurs comme Menghini, Vicari, Mandolesi & Petrosini (2011) se sont penchés sur les liens entre le langage écrit et les capacités de perception de mouvements biologiques.

La perception des mouvements biologiques est décrite dans la littérature comme une capacité innée, permettant de discriminer à partir de très peu d'informations visuelles, un mouvement biologique d'un mouvement non biologique. Vinel (2013) a découvert chez les adultes que cette compétence était corrélée à la capacité de lecture de verbes.

L'objectif principal de ce mémoire est de trouver cette même corrélation dans le développement typique de l'enfant et le développement atypique de l'enfant dyslexique.

Nous cherchons à savoir si chez les enfants normo-lecteurs et dyslexiques, les verbes ont également un statut particulier, faisant le lien entre le système linguistique et le système moteur, qu'ont décrit Boulenger, Mechtouff, Thobois, Broussolle, Jeannerod & Nazir (2008) ou encore Aziz-Zadeh, Wilson, Rizzolatti, & Iacoboni (2006). Ces derniers décrivaient que cette connexion entre système linguistique et système moteur se faisait par l'intermédiaire du système miroir. Les neurones miroirs ont pour fonction principale de créer, à partir d'une observation ou même d'une simple évocation d'actions, les représentations sensori-motrices normalement construites par l'exécution des actions en question.

Nous cherchons également à savoir si les enfants dyslexiques ayant des difficultés développementales du langage écrit, présentent des comorbidités en perception de mouvements humains.

Dans cette étude nous ferons tout d'abord l'état des lieux des données théoriques en lien avec notre sujet. Nous décrirons, dans un premier temps, le processus de la lecture dans le développement typique et dans un développement atypique tel que celui des enfants dyslexiques, et dans un deuxième temps nous définirons la capacité de perception des mouvements humains et les liens qu'elle entretient avec le langage (oral et écrit).

Une seconde partie, pratique, sera consacrée à décrire la méthode et les résultats de notre étude expérimentale menée en deux temps. Une première expérience tentera de trouver chez les enfants, la corrélation entre perception de mouvements biologiques et lecture de verbes, et de déceler chez les dyslexiques des comorbidités en perception de mouvements. L'expérience 2 envisagera un entraînement associant lecture de verbes et observation d'actions pour améliorer les capacités des enfants dyslexiques en lecture de verbes et en perception de mouvements.

Enfin, une discussion générale répondra à nos hypothèses en fonction des résultats obtenus aux diverses expériences de l'étude et les comparera aux données théoriques développées en première partie.

Introduction théorique

I. Les troubles des apprentissages touchant le langage écrit : La Dyslexie

A. La lecture :

La lecture est une activité complexe impliquant des habiletés perceptives, cognitives et langagières.

1. L'œil : outil perceptif indispensable à la lecture:

L'œil est l'organe sensoriel central de la lecture. Cette activité appelle en premier lieu de nombreux mouvements oculaires caractérisés par l'alternance de temps de pause : les fixations et de temps de progression : les saccades (Weck & Marro, 2010). La rétine, selon Dehaene (2007) est un capteur imparfait. En effet seule la fovéa, région centrale de la rétine, est engagée dans le processus de lecture en captant les lettres avec assez de précision pour les reconnaître. L'étroitesse de cette région photo-réceptive explique pourquoi nous déplaçons nos yeux sans cesse quand nous lisons (environ 4 à 5 saccades par mot pour amener le mot dans la fovéa). Il existe trois types de saccades : les saccades de progression, les saccades de régression qui nous permettent des retours en arrière constants, et les saccades de retour à la ligne. Mais c'est durant les fixations, que l'œil extrait les mots et leurs informations. Les saccades ne servent pas à l'analyse des mots, un phénomène d'inhibition diminue la sensibilité de l'œil lors de la saccade (David-Millot,(2008) ; Weck & Marro,(2010)). Au niveau perceptif, l'empan visuel de l'œil est également très important. L'empan visuel en lecture est le nombre de lettres perçues nettement par l'œil par rapport au point de fixation. Celui-ci est asymétrique. Pour les lecteurs experts, l'empan est au mieux de 15 lettres à droite du point de fixation (à gauche du point de fixation dans les langues comme l'arabe) (Weck & Marro, 2010). L'empan est composé de trois zones : la zone fovéale impliquée dans la reconnaissance des mots, la zone para-fovéale qui perçoit quelques lettres des mots suivants et permet ainsi une anticipation, et la zone périphérique qui capte des informations sur la taille des mots suivants et permet une programmation des saccades à venir.

Les stratégies d'exploration en lecture se développent lors de l'apprentissage de la lecture. Cette motricité est mature entre 9 et 10 ans, avant cet âge il s'agit d'un acte volontaire avec

des temps de fixations longs, de courtes saccades de progression et de nombreuses saccades de régression.

2. Processus de reconnaissance des mots

Il suffit de 50 millisecondes de fixation, à un lecteur expert, pour identifier le mot fixé et poursuivre sa lecture. Cependant, les opérations mentales permettant la compréhension du mot s'enchaînent durant une demi-seconde supplémentaire (Dehaene, 2007).

D'autre part, notre système visuel de reconnaissance des mots obéit à deux exigences qui semblent opposées. D'un côté identifier les lettres d'une manière globale en négligeant les différences de taille, de forme, d'épaisseur ou de casse des caractères. De l'autre côté, amplifier les traits pertinents qui font la distinction entre deux mots visuellement très proches, ex : « jeux » et « yeux ». Cette capacité d'attention aux détails résulte de plusieurs années d'apprentissage c'est pourquoi elle n'est accessible que dans notre langue usuelle. (Weck & Marro, 2010)

Reconnaître un mot dépend tout d'abord de la compétence du lecteur à segmenter les mots en morphèmes, qui sont les plus petites unités de sens du mot. Ils nous permettent de comprendre des mots que nous n'avons jamais lus grâce à un découpage du mot. Notre système visuel est capable dans un temps très court, d'extraire les morphèmes. Un effet d'amorçage se met en place, la lecture d'un mot va amorcer la reconnaissance des mots qui y sont liés. Effectivement notre système visuel anticipe le découpage du mot selon son répertoire de morphèmes connus, mais parfois ce ne sont pas de bons pronostics (une poussette n'est pas une petite pousse). Ce type d'erreur est corrigé plus tard dans les autres processus de décomposition du mot. Puis les morphèmes sont à leur tour segmentés en graphèmes qui correspondent aux lettres ou groupe de lettres correspondant à une seule unité élémentaire du langage parlé, à un seul phonème. Au-delà des graphèmes notre système visuel est très sensible aux syllabes dans lesquelles les graphèmes sont rassemblés.

Lorsque la chaîne des caractères composant le mot a été analysée en ces composants élémentaires, ceux-ci vont pouvoir être analysés par d'autres régions corticales qui vont permettre au lecteur d'accéder à la forme orale du mot et à son sens. Car, l'acte de lire consiste à décoder dans un processus perceptif les traits visuels du mot mais aussi d'intégrer ces mots dans les unités linguistiques plus larges telles que la phrase, ou le texte. Cette deuxième étape s'appuie sur des processus cognitifs effectuant une analyse syntaxique et sémantique et qui permettent la compréhension globale en lecture. Pour décrire ces processus

de lecture, Weck & Marro (2010) citaient l'équation de Gough & Juel (1989) : $L=R \times C$ où L symbolisait la compréhension en lecture, R la reconnaissance des mots et C la capacité linguistique de comprendre. En lecture, reconnaissance des mots et compréhension sont en interrelation ; certes sans un bon décodage des divers mots de la phrase, l'accès au sens serait impossible mais sans une compréhension générale du texte lu, la reconnaissance des mots serait plus difficile. Mais comment concrètement la reconnaissance des mots s'effectue-t-elle ? Plusieurs théories ont proposé des réponses à cette question, nous développerons ici la théorie neuropsychologique qui postule l'existence de deux voies de lecture.

3. Théorie des deux voies de lecture.

Quand un sujet est amené à lire un mot connu, fréquent, c'est la voie d'adressage qui s'active. Il s'opère une reconnaissance globale du mot dans le lexique orthographique visuel, le mot est ensuite traité par le système sémantique pour l'accès au sens et il est enfin reconnu par le lexique orthographique oral de sortie, dans lequel est choisie la forme sonore du mot avant sa production orale. En effet, les mots connus sont maintenus en mémoire dans ce stock de mots. Les informations qui y sont enregistrées sont de différentes natures : les images écrites des mots se trouvant dans ce qu'on appelle le stock orthographique, la prononciation des différents mots dans le lexique phonologique, mais aussi les informations grammaticales spécifiant la nature des mots ainsi que les dizaines d'informations sémantiques rattachées à chaque mot. Weck & Marro (2010) parlaient de connaissances conceptuelles composées des connaissances culturelles sur le monde, stockées en réseaux sémantiques dans la mémoire à long terme. C'est la reconnaissance du mot, stocké momentanément en mémoire à court terme, qui active ce réseau de savoirs et permet la compréhension du texte lu. Le stock lexical d'une personne ordinaire se compte facilement en dizaines de milliers de mots (40 000 à 50 000 mots sans compter les noms propres, les sigles, les noms étrangers, etc.) (Dehaene, 2007). Cette voie de lecture est rapide et très efficace. Le lecteur l'utilise quand la conversion graphème-phonème est impossible (comme avec les mots irréguliers) ou quand il est exposé à des mots appartenant à son répertoire. Cependant qu'en est-il des mots que le lecteur même expert, n'a jamais rencontrés ?

Dans ce cas, il doit passer par la deuxième voie de lecture dite voie d'assemblage ou voie phonologique. Le mot est soumis à un système de conversion grapho-phonémique comportant une phase de segmentation, une phase de transcodage et une phase d'assemblage pour mener en définitive à la production et à la compréhension du mot.

Cette voie est très lente et laborieuse quand elle est seule à être utilisée. Dehaene (2007) nous le prouvait en citant Raimond Queneau et son exercice de style « Poor lay Zanglay » (cf. Annexe 1) à lire momentanément avec l'accent British et dans lequel il nous forçait à ne passer que par la voie d'assemblage. Cependant, c'est cette voie qui nous permet de déchiffrer des mots que l'on ne connaît pas, les noms propres ou encore les néologismes appelés aussi dans le jargon orthophonique, les logatomes. Mais qu'en est-il des homophones ? Le lecteur est obligé de passer par sa voie d'adressage pour accéder au sens du mot.

Nous nous apercevons alors que ces deux voies se complètent et ne peuvent se passer l'une de l'autre pour que la lecture soit fluide, correcte et porteuse de sens.

Chez l'enfant, la coordination de ces deux voies n'est pas toujours effective. Certains utilisent surtout la voie directe et procèdent à une « lecture-devinette » : l'enfant lit par exemple « chocolat » au lieu de « cake ».

D'autres restent bloqués en déchiffrage et n'accèdent pas au sens de ce qu'ils lisent. L'intégration des deux voies et de leur coordination prend un certain nombre d'années.

Uta Frith en 1985 a proposé un modèle en trois étapes qui mènent à une lecture experte. Bellone (2003) a cité ces étapes. La première est la phase logographique que l'enfant atteint bien avant l'entrée au CP (Cours Préparatoire). Le mot est reconnu dans sa globalité, il s'agit d'une pseudo-lecture où le contexte prévaut ; l'enfant tente de reconnaître les mots comme il reconnaît les objets ou les visages. La plupart du temps, il a photographié de nombreux logos comme celui de coca-cola qu'on donne souvent en exemple. Cependant, si dans la même police nous écrivions « coco-colo » l'enfant « lirait » toujours coca-cola car il ne procède à aucune conversion grapho-phonémique, il n'est pas entré dans le déchiffrage. C'est d'ailleurs la deuxième étape, l'étape phonétique qui consiste en la mise en place d'une stratégie alphabétique. L'enfant vers l'âge de 6-7 ans applique les règles simples de correspondance grapho-phonémique. Cette brève étape permet à l'enfant d'apprendre à manipuler les phonèmes, à acquérir des compétences méta-phonologiques, prérequis indispensable à l'entrée dans la lecture. L'ultime étape est la phase orthographique où s'autonomise la reconnaissance visuelle des mots ; Bellone (2003, page 16) parlait de « *voie royale du bon lecteur qui lui permet une lecture silencieuse et fluente.* ». Selon Dehaene (2007) l'enfant passerait d'une étape à l'autre, et pourrait faire des retours en arrière. L'activité cérébrale, évoquée par les mots, grandirait de jour en jour. Durant la mise en place de ces trois étapes plusieurs circuits neuronaux se modifieraient notamment ceux du cortex

occipito-temporal gauche. Nous allons voir ci-après que cette région est fortement impliquée dans le processus de lecture.

4. Les processus neurologiques de la lecture :

La neurologie de la lecture détermine quelles régions du cerveau contribuent à la lecture et comment elles sont organisées.

Joseph-Jules Déjeurine, neurologue, professeur et médecin de l'hospice de Bicêtre a, en 1892, réalisé les prémices de la neurologie de la lecture en faisant la découverte qu'une lésion d'une partie des aires visuelles de l'hémisphère gauche, entraînait la perte sélective et totale de la lecture. En effet, il a décelé en 1887 chez son patient, monsieur C., une perte sélective et totale de la capacité de lire qu'il nommera cécité verbale. Gil (2010) a nommé cette cécité verbale : « alexie globale » et a décrit une atteinte de la reconnaissance des lettres et des mots écrits, avec une relative conservation du langage oral, mais aussi une atteinte de l'écriture et de la lecture des chiffres. De plus, Déjeurine cité par Dehaene (2007) décrivait également chez son patient, une conservation de la lecture tactile (il réussissait notamment à déchiffrer des lettres qu'on lui traçait au creux de la main.). C'est ce qui l'a mené à suggérer l'existence d'un centre cérébral visuel spécialisé dans la lecture. L'autopsie de Monsieur. C., quatre ans plus tard, avait révélé des lésions affectant la partie postérieure de l'hémisphère gauche. Déjeurine avait supposé qu'elles affectaient la transmission des informations visuelles vers une région qu'il a appelée : le centre visuel des lettres, et qu'il localisait dans le gyrus angulaire à la base de la région pariétale gauche du cerveau. Ce centre visuel était, chez Mr. C, intact mais déconnecté du reste du cortex, il ne recevait donc plus les informations nécessaires à la lecture et se trouvait incapable d'appliquer ses connaissances sur les lettres aux stimuli visuels reçus. Le système visuel de monsieur C. n'identifiait plus ce qu'il lisait comme des lettres ou des mots.

Désormais les IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) permettent de ne pas attendre la mort du patient et de pouvoir identifier plus précisément quelles sont les lésions responsables de l'alexie et celles qui ne le sont pas. C'est ce qu'ont réalisé Dehaene & Cohen auprès de nombreux patients (Dehaene, 2007). Ils ont découvert que la région dédiée à l'analyse visuelle des mots était la région occipito-temporale ventrale gauche. Selon ces résultats, elle analyserait la forme des lettres, les reconnaîtrait et les assemblerait en mots. Ils ont donné à cette aire corticale le nom de région de la forme visuelle des mots. Dehaene

(2007) a tenté de décrire un schéma moderne de la lecture : pour lui cette région est reliée en amont aux aires visuelles dans les régions occipitales de l'hémisphère gauche et en aval à de nombreuses régions de l'hémisphère gauche qui ne sont pas spécifiques à la lecture mais plutôt au traitement du langage oral. Certaines, comme la région temporale inférieure, sont impliquées dans l'accès au sens, d'autres, comme les régions temporales supérieures, dans l'articulation. Pour lui, la lecture n'est pas un processus linéaire mais plutôt une activation simultanée de diverses régions corticales. Désormais, l'imagerie cérébrale fonctionnelle a révolutionné le monde scientifique en permettant de visualiser directement l'activité du cerveau d'une personne au moment même où elle lit. Elle permet d'analyser le processus de lecture chez les patients mais aussi chez les normo-lecteurs. Quant à l'IRM fonctionnelle, qui permet de localiser en quelques minutes les régions activées lors de la lecture, elle a révélé que le niveau de variabilité d'une personne à l'autre dans le réseau cérébral de la lecture est nul. Tous les patients examinés par Dehaene montraient l'activation de la même région cérébrale lors de la lecture : la région de la forme visuelle des mots. Marinkovic et al., (2003) cités par Dehaene (2007) sont allés plus loin encore, grâce à la magnéto-encéphalographie. Ils ont visualisé tout le déroulement de l'activité cérébrale d'une personne lisant un mot et ont pu suivre l'activité cérébrale de millisecondes en millisecondes. Leur étude a révélé que durant la lecture, l'activation débute dans le pôle occipital, vers 100 ms, puis elle s'étend à la région de la forme visuelle des mots vers 170 ms et se propage enfin dans de multiples régions temporales et frontales entre 250 et 420 ms.

D'après Demonet (2002) c'est grâce à ces techniques révolutionnaires qu'il est possible de décrire les réseaux neuronaux responsables des compétences telles que la lecture chez l'enfant très jeune. Selon lui, elles compléteront demain la clinique pour des diagnostics précoces, précis et fiables, mais aussi permettront de rendre compte des modifications cérébrales sous l'effet des rééducations.

La neurologie de la lecture confirme aussi l'hypothèse de deux voies de lecture. Jobard et al., (2003) cités par Dehaene (2007) ont démontré que l'accès au sens du mot et l'accès à la sonorité du mot n'activent pas les mêmes réseaux neuronaux. La voie d'assemblage ou phonologique activerait des régions impliquées dans l'analyse des sons de la parole et d'autres intervenant dans l'articulation. La région appelée planum temporale est décrite comme l'aire cérébrale codant la sonorité des lettres et des mots. Sa surface est asymétrique (plus importante à gauche) et de nombreux scientifiques s'accordent à penser que cette asymétrie est à l'origine de la latéralisation du langage dans l'hémisphère gauche. La voie

d'adressage quant à elle, ferait appel au réseau neuronal responsable du traitement sémantique des mots et des images ; les aires qui la composent sont actives en permanence car notre cerveau génère une incessante activité qui nous permet de donner du sens à ce qui nous entoure. Cependant aucune de ces régions cérébrales ne seraient spécifiques aux mots écrits et elles se désactiveraient toutes à la lecture de logatomes. Ces régions sont nombreuses, parmi elles, nous comptons l'arrière de la circonvolution temporale moyenne, la face ventrale antérieure du lobe temporal ou encore la partie triangulaire de la région frontale inférieure.

La lecture est donc un processus complexe sous-tendu par des structures neuronales précises et en interconnexion avec de nombreuses aires cérébrales intervenant dans le langage oral. L'apprentissage de la lecture est long et elle se perfectionne en plusieurs années grâce à un apprentissage explicite à l'école mais aussi à une exposition à l'écrit dans la vie de tous les jours. A tel point que l'adulte lecteur expert ne peut s'empêcher de lire quand on lui présente une trace écrite (sauf si on lui en donne la consigne bien sûr). Mais aussi et avant tout, l'enfant doit pouvoir entendre, voir correctement et avoir une bonne suppléance mentale pour opérer les analyses et les choix des mots dans le stock orthographique, lors de la lecture. C'est pourquoi si un enfant présente une anomalie anatomique, neurologique même minime, un déficit sensoriel, une déficience mentale ou encore s'il n'est pas correctement exposé à l'écrit dans sa famille ou à l'école, il va rencontrer de sérieux obstacles dans l'apprentissage de la lecture. Dans la dyslexie, qui touche 6 à 8 % des élèves de CE1 (Cours Élémentaire 1) en France, les enfants sont censés ne présenter aucun de ces symptômes. En effet, le diagnostic de la dyslexie est ce qu'on appelle un diagnostic par exclusion.

B. La Dyslexie

1. Définition :

Madame Borel-Maisonny citée par Bellone (2003, page 11) définissait la dyslexie dans les années soixante comme étant « *une difficulté particulière à identifier, comprendre, et reproduire les symboles écrits qui a pour conséquence de troubler profondément l'apprentissage de la lecture entre cinq et huit ans, l'orthographe, la compréhension de textes et les acquisitions scolaires par la suite.* »

Cependant tout enfant ayant des difficultés avec la lecture n'est pas dyslexique. De nos jours, la dyslexie est classée par la DSM IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders)

parmi les troubles des apprentissages. Ceux-ci sont caractérisés par « *des performances des sujets à des tests standardisés, passés de façon individuelle portant sur la lecture, le calcul ou l'expression écrite nettement au-dessous du niveau escompté, compte tenu de leur âge, de leur niveau scolaire et de leur niveau intellectuel. Les problèmes d'apprentissage interfèrent de manière significative avec la réussite scolaire ou les activités de la vie courante qui nécessitent de savoir lire, compter ou écrire. [...] « Nettement en-dessous » se définit généralement par une différence de plus deux écarts-types entre les performances et le quotient intellectuel. Une différence moins importante (entre un et deux écarts-types) est parfois retenu, particulièrement dans les cas où la performance au test du quotient intellectuel peut avoir été perturbée par un trouble associé des processus cognitifs, par un trouble mental prémorbide, ou une affection médicale générale, ou encore par le contexte ethnique ou culturel. Si un déficit sensoriel est présent, les difficultés d'apprentissage doivent être supérieures à celles habituellement associées à ce déficit. Les troubles des apprentissages peuvent persister à l'âge adulte.* »

La CIM10 (Classification Internationale des Maladies et problèmes de santé connexes) décrit quant à elle, des troubles spécifiques du développement des acquisitions scolaires comprenant, ce qui définit la dyslexie, les troubles spécifiques de l'acquisition du langage écrit. Ce déficit durable et persistant surviendrait, selon la Fédération Mondiale de Neurologie en 1968 (Rousseau, 2004, page 16), « *en dépit d'une intelligence normale, de l'absence de troubles sensoriels ou neurologiques, d'une instruction scolaire adéquate, d'opportunités socioculturelles suffisantes.* »

Mais cette définition n'a pas fait l'unanimité et dès 1970 les experts de cette même Fédération Mondiale de Neurologie ont pensé à l'éventualité des handicaps multiples et de la possibilité d'une coïncidence entre les troubles d'acquisition du langage écrit et par exemple un milieu socio-culturel peu favorable. Emmanuelle Lederle dans Les approches thérapeutiques en Orthophonie tome 2, citait la définition de la dyslexie développementale de J.E Gombert (1998) : « *troubles strictement limités à la lecture (et à l'orthographe), indépendants de l'intelligence et des conditions sociales ou affectives* ». Finlay & McPhillips (2013) précisaient également que de récentes études ont soulevé le problème de ces enfants présentant des difficultés langagières patentes (orales ou écrites) mais n'étant pas diagnostiqués à cause de ces critères d'exclusion. Ils citent une étude épidémiologique, menée chez 7218 enfants par Tomblin, Recordo, Buckwalter, Zhang & Smith (1997), qui révélait que seulement 29% des enfants, remplissant les critères du trouble spécifique du langage lors

de la passation de tests standardisés, avaient été diagnostiqués, précédemment à cette étude. En outre, de nombreuses études ont montré que le caractère spécifique de la dyslexie ou de la dysphasie ne correspondait pas à une réalité et que les comorbidités étaient nombreuses. Nous verrons plus loin quelles peuvent être ces comorbidités, ceci étant le fond de supposition de notre recherche.

2. Différents types de dyslexies :

Boder (1973) citée par Bellone (2003) a évalué la lecture à l'aide d'un test basé sur la mémoire visuelle et la mémoire auditive des mots. Selon elle, la lecture aurait deux fonctions : une fonction visuelle formelle qui permettrait la construction d'un répertoire orthographique par imprégnation visuelle et une fonction auditive qui serait indispensable à l'élaboration d'une compétence phonologique capable de mener à bien le déchiffrement des mots.

C'est entre autres l'apparition du modèle de développement de la lecture expliquant, comme décrit précédemment, les mécanismes et les étapes d'entrée dans le langage écrit chez l'enfant ordinaire, qui a permis de différencier les différents troubles développementaux du langage écrit en termes de difficultés d'accès à telle ou telle voie de lecture.

La dyslexie phonologique, est la forme de dyslexie développementale la plus fréquemment rencontrée et la plus étudiée. Elle est caractérisée par une atteinte de la voie d'assemblage. Le déchiffrement est émaillé par des erreurs de lexicalisation des logatomes, avec un effet de longueur. La lecture des mots réguliers et irréguliers est correcte, sauf pour les mots rares sur lesquels s'opèrent des paralexies visuelles et morphologiques. On note des effets de concrétude, de fréquence, de longueur et de régularité en lecture comme en écriture. Cette dyslexie s'accompagnerait de troubles méta-phonologiques qui entraveraient la progression de l'apprentissage de la lecture et notamment l'étape alphabétique du modèle de Frith (Weck & Marro, 2010). Borel-Maisonny (1960) décrivait quant à elle, ce type de dyslexie comme un trouble de la perception et de l'analyse acoustique. Selon elle, les enfants dyslexiques phonologiques échouaient dans la tâche de perception des phonèmes ou des éléments articulatoires de la parole. Ces éléments linguistiques s'écoulaient dans le temps et dans l'ordre déterminé. Et c'est principalement cet ordre d'écoulement qui serait difficile à retenir pour ces enfants. Elle posait l'hypothèse qu'ils étaient incapables de percevoir les phonèmes à la vitesse réelle de la parole humaine.

Parmi les dyslexies développementales on compte également la dyslexie de surface, qui se caractérise par l'atteinte de la voie d'adressage. La lecture des mots irréguliers est marquée par de nombreuses régularisations, et de grandes difficultés apparaissent dans la définition des homophones non homographes, alors que la lecture des mots réguliers et des logatomes est relativement bien préservée. En orthographe, les mots sont écrits comme ils se prononcent, l'écriture des mots irréguliers et complexes étant particulièrement perturbée.

La dyslexie développementale mixte correspond quant à elle, à l'atteinte des deux voies d'identification des mots écrits : assemblage et adressage. Il s'agirait d'une atteinte sévère de la lecture combinant des difficultés, dans le déchiffrement, de correspondance grapho-phonémique et une pauvreté du stock visuo-orthographique difficilement constitué. A cela, s'ajouteraient de grandes difficultés de compréhension écrite. La production écrite se caractériserait essentiellement par des troubles dysorthographiques avec des erreurs de segmentation et des difficultés de recodage phono-graphémique.

3. Neurophysiologie des enfants dyslexiques :

Jusqu'à récemment aucune anomalie cérébrale n'avait pu être clairement reliée à l'apparition d'une dyslexie. Cependant, toutes les études d'imageries cérébrales menées sur les dyslexiques ont révélé une sous-activation du cortex temporal postérieur gauche (région temporale latérale impliquée dans le traitement des informations phonologiques du langage parlé et une région temporale plus inférieure appartenant à la voie visuelle ventrale) et une sur-activation de l'aire de Broca qui compenserait une activité trop faible des régions postérieures de décodage (Dehaene, 2007). De plus, une étude de Paulesu et al., (2001) citée par Dehaene (2007) a permis de visualiser le réseau cérébral de la lecture d'enfants dyslexiques italiens, français et anglais, alors qu'ils lisaient des mots suffisamment simples pour ne pas empêcher leur lecture. La comparaison avec des sujets contrôles avait révélé de réelles anomalies physiologiques. Chez tous ces dyslexiques européens, ils avaient découvert que toute une partie du lobe temporal gauche était trop faiblement activée et ce au même endroit et à un degré similaire. Cette étude a permis de révéler les mécanismes cérébraux de la dyslexie et ce, quelles que soient la culture ou l'opacité de la langue du dyslexique en question.

Mais d'où proviendraient ces anomalies ? Le cerveau des dyslexiques présenterait des ectopies, c'est-à-dire des groupes neuronaux mal placés autour des aires impliquées dans le traitement du langage oral mais aussi autour des aires occipito-temporales gauches, siège de la

reconnaissance visuelle des mots. Ces aires chargées d'ectopies ne seraient plus complètement fonctionnelles, ni correctement connectées aux diverses aires corticales, impliquées dans la lecture. Autrement dit, ces ectopies seraient à l'origine de la dyslexie.

Selon Dehaene (2007), la dyslexie serait la conséquence malheureuse de la concomitance de nombreux facteurs de risques et d'une collection de gènes précis. En effet, de nombreuses études ont mis en évidence le caractère héréditaire de la dyslexie. Selon Habib (2012), les enfants de personnes dyslexiques ont 8 fois plus de risques de l'être à leur tour, et l'inverse est vrai, 25 à 60% des parents des enfants dyslexiques auraient des difficultés avec la lecture. Duvillié (2007) a posé une hypothèse génétique de l'origine de la dyslexie. Certaines personnes naîtraient avec un code génétique étrange qui leur permettrait d'utiliser une partie de leur cerveau qui créerait des perceptions supplémentaires. Très tôt, vers l'âge de 6 mois, se développeraient ces capacités singulières de perception qui engendreraient de nombreuses distorsions. Naître avec ce code génétique augmenterait les risques d'être dyslexique. Ce qui expliquerait le fait que la dyslexie se transmette de génération en génération.

Récemment, Habib (2012) a relié l'hypothèse génétique et l'hypothèse d'anomalie cérébrales en évoquant la possibilité que certains gènes responsables de la dyslexie, notamment les gènes DCDC2, ROBO1 et DYX1C1 pourraient être à l'origine de migrations anormales des neurones du lobe temporal au cours de la grossesse, migrations responsables des ectopies à l'origine de la dyslexie.

4. Les théories de l'origine de la dyslexie :

- Théorie prépondérante : la théorie phonologique :

Le fondement de la théorie phonologique est de considérer la lecture comme une activité principalement langagière qui, dans le développement de l'individu, se construit après la langue orale. Morais et al., (1979) cités par Valdois, Habib & Cohen (2008) parlaient de spécialisation du système langagier préexistant par une prise de conscience des unités phonémiques composant le mot à l'oral et correspondant aux lettres à l'écrit. En effet, bien que la vue soit l'outil perceptif privilégié de la lecture, cette dernière est, pour la théorie phonologique, en constante relation avec la forme auditive des mots lus (INSERM (Institut de la Santé Et de la Recherche Médicale), 2007). Aussi, cette théorie considère la dyslexie comme un trouble spécifique des apprentissages du langage écrit et exclut la présence de troubles sensori-moteurs co-morbides. C'est d'ailleurs sur cette théorie que se sont appuyées

les classifications internationales pour donner une définition de la dyslexie : la fameuse définition par exclusion.

La théorie phonologique est prépondérante car de nombreuses études ont apporté la preuve que la majeure partie des dyslexiques souffraient de troubles phonologiques (Dehaene, 2007). L'INSERM (2007) citait celles de Rack et al., (1992) et de Van Ijzendoorn & Bus (1994) qui ont trouvé que les performances de différents groupes de dyslexiques étaient particulièrement déficitaires en lecture de pseudo-mots faisant appel à la voie phonologique et donc aux correspondances grapho-phonémiques. Dehaene (2007) précisait aussi que les enfants dyslexiques, comparés à des enfants de même âge de lecture, présentaient beaucoup plus de difficultés dans les exercices méta-phonologiques faisant intervenir les rimes, les segmentations des mots en unités phonémiques et les manipulations de phonèmes.

Enfin, la théorie phonologique est étayée par le nombre important de dyslexiques dans les pays dont la langue est opaque (comme en Angleterre) comparé à celui des pays où la correspondance entre les graphèmes et les phonèmes est transparente (comme en Italie).

Tous ces arguments semblent imposer la théorie phonologique comme l'origine de la dyslexie développementale. Mais bien d'autres théories sont nées de par l'existence notamment de dyslexiques n'ayant pas de trouble majeur phonologique et de la fréquente présence de troubles sensori-moteurs secondaires aux difficultés de lecture.

- Théorie oculomotrice

Certains dyslexiques semblent présenter des difficultés en langage écrit évoquant des déficits dans les procédures oculomotrices. Pringle Morgan en 1896 a été le premier à poser l'hypothèse d'un rapport de causalité entre les altérations visuelles et les troubles de lecture. Sizaret, Buisson, Chalmet, Bougrier, Deseille, Tuller, Schweitzer & Barthez dans le cadre des XIèmes rencontres d'orthophonie (2011) ont présenté leur étude sur l'oculomotricité de 15 enfants dyslexiques âgés de 13 ans. Ils se sont basés sur diverses études mettant en cause, dans la dyslexie, des défauts de convergence, des temps de fixation trop longs et des saccades plus courtes et plus nombreuses. Ils se sont demandé s'il existait des caractéristiques oculomotrices propres à chaque type de dyslexie. Leurs résultats ont confirmé, pour tous les types de dyslexies, les données de la littérature sur lesquelles ils s'étaient basés, mais aussi ont découvert une insuffisance de convergence et des difficultés orthoptiques plus importantes chez les patients atteints de dyslexie mixte. Valdois, Habib, & Cohen (2008), malgré de nombreux arguments postulant d'une origine phonologique de la dyslexie, ont développé l'axe supposant l'existence de difficultés du traitement visuel dans les dyslexies

développementales. En effet, ils se sont appuyés sur plusieurs études suggérant un trouble de l'empan visuo-attentionnel chez des dyslexiques ne présentant pas par ailleurs de troubles phonologiques. Ces déficits oculomoteurs ne permettraient pas au regard d'englober la totalité du mot et empêcheraient un traitement global orthographique du mot. Cela expliquerait la lenteur de lecture et les erreurs d'anticipation qui sont fréquentes dans la dyslexie. Dans ces cas-là, impossible d'accéder directement au sens et de fixer en mémoire la forme globale du mot, ce qui pénaliserait la richesse du stock orthographique. D'autres auteurs ont avancé que l'instabilité de fixation oculaire engendrait des distorsions, des mouvements apparents et des superpositions de lettres dans les mots. La forme globale du mot serait alors modifiée et variable d'un jour à l'autre. En conséquence, le stock orthographique ne se construirait pas. Cela expliquerait que pour certains dyslexiques la lecture est si modifiée, qu'à haute voix elle en devient inintelligible. La compréhension en lecture de ces lecteurs étant souvent très en-deçà des attentes pour l'âge.

- Théorie d'un trouble sensori-moteur global :

Ces théories visuo-attentionnelles ont amené Stein & Walsh (1997) cités par Valdois et al., (2008) à établir la théorie magnocellulaire. Elle établit un lien de causalité entre une anomalie neurologique unique (concernant les magno-cellules¹ de toutes les voies sensorielles) et les troubles auditifs, visuels et indirectement les troubles phonologiques et moteurs. Il s'agirait donc d'un trouble sensori-moteur global. Selon cette théorie, la dyslexie serait loin d'être un trouble spécifique de la phonologie. Au contraire, elle se caractériserait par de nombreux troubles cognitifs associés aux difficultés de lecture. Notamment des troubles de la discrimination auditive affectant principalement le traitement perceptif des sons brefs et des transitions rapides comme l'a développé Tallal (1980) citée par l'INSERM (2007), des troubles visuels décrits ci-avant, mais aussi des troubles moteurs touchant l'équilibre et la coordination motrice et évoquant un dysfonctionnement du cervelet. Borel-Maisonny (1960) précisait elle aussi des déficits associés à la dyslexie touchant la perception, la mémoire et l'orientation. En effet, elle décrivait, chez les enfants dyslexiques, de fréquentes difficultés à reconnaître la disposition des objets dans l'espace et en particulier la disposition des signes du langage écrit par rapport à eux-mêmes sur un plan vertical ou horizontal. Mais aussi, ces enfants présentaient un mauvais schéma corporel qu'ils projetaient imparfaitement

¹ Magno-cellules : grosses cellules qui composent le système magnocellulaire et spécialisées dans le traitement des changements transitoires du signal sensoriel perçu.

dans l'espace, avaient du mal à concevoir la droite et la gauche et avaient beaucoup de difficultés à reproduire des attitudes corporelles asymétriques (positions posturales différentes à droite et à gauche). Selon Borel-Maisonny (1960), si dans la dyslexie les lacunes linguistiques ou auditives pouvaient ne pas exister, les troubles de l'orientation étaient quasi-constants. Pour ce qui était des difficultés de mémoire et de perception c'étaient des obstacles à la fixation, à la reconnaissance et à l'évocation des phonèmes et des graphèmes et des barrières à l'opération de la traduction de l'oral vers l'écrit ou de l'écrit vers l'oral.

C'est pour cela que l'évaluation et le projet thérapeutique doivent être personnalisés et adaptés à chaque cas selon ses difficultés associées. La prise en charge doit considérer et entraîner ces facultés cognitives déficientes pour soutenir le travail spécifique de la lecture.

C. Les comorbidités :

1. La dysorthographe :

Les dyslexiques sont pour la plupart également dysorthographiques. Ces enfants rencontrent les mêmes difficultés en orthographe qu'en lecture, à savoir des difficultés pour convertir les sons en lettres autant que quand ils doivent faire l'inverse en lecture (Dumont, 2005). Les mêmes erreurs se retrouvent : inversions, confusions, difficultés de transcodage phono-graphémique. Cette association de la dysorthographie à la dyslexie est quasi-automatique. Ecrire c'est obéir à des règles de conversion phono-graphémique et à des règles contextuelles, mais cela nécessite aussi des connaissances du lexique d'usage qui se construisent, pour la plupart d'entre elles, grâce à la lecture. Les deux stratégies phonologique et orthographique sont mises en jeu et des connaissances supplémentaires concernant les règles grammaticales ou encore la fréquence des graphies dans la langue selon la place que le son occupe dans le mot (ex : la graphie – eau du son [o] plutôt placé en fin de mot en français), sont nécessaires. Pas étonnant donc, chez ses enfants qui ont en plus de leurs difficultés en lecture des troubles attentionnels, des difficultés en mémoire immédiate et en mémoire de travail (Reid & Veubret, 2010), de retrouver des écrits « truffés » de fautes.

2. Des troubles du langage oral :

Les enfants dyslexiques ont également souvent des difficultés en langage oral ; dans son inventaire des troubles associés à la dyslexie, Habib (2012) en a relevées chez 35.6% des enfants dyslexiques de sa population. Duvillié (2007) cite parmi les difficultés en langage oral

chez les dyslexiques : un accès déficient au lexique, un manque de vocabulaire allant parfois jusqu'à de véritables troubles de la compréhension du langage orale. Ce trouble associé, peut être aussi important et persistant qu'à l'écrit. On peut même parler de dysphasie dans certains cas ; Habib (2012) a trouvé chez 8.5% des enfants dyslexiques de sa population, une dysphasie co-morbide. Borel-Maisonny (Tome 2, page 9) parle de « *lacunes dans le domaine linguistique* » allant du gros retard de langage avec des constructions de phrases laborieuses et l'utilisation incorrecte des mots à l'oral, aux formes plus légères se manifestant par des troubles des fonctions catégorielles. Dans ce dernier cas l'enfant peut parler relativement correctement sans, malgré tout, pouvoir discerner la nature, ni discriminer le genre ou le nombre des mots utilisés.

3. Enfants en échec scolaire : troubles psychologiques associés :

En France, la dyslexie a été et demeure sujet de débats idéologiques entre les courants neuropsychologiques, sociologiques ou psychologiques. Des théories psychologiques supposent que la dyslexie proviendrait d'un trouble affectif. Les CMP (Centres Médico-psychologiques) constituent les unités de soins basés sur cette théorie affectiviste. Dans cette théorie, la compréhension des origines du trouble des apprentissages passe par l'analyse des relations familiales et sociales de l'enfant. (Bellone, 2003). C'est d'ailleurs selon Mannoni (1964) cité par Bellone (2003, page 30) « *la présence d'un arrière-plan familial conflictuel à la base des difficultés d'apprentissage de la lecture* ». Berges (1990) cité par Bellone (2003) considérait la dyslexie comme la conséquence d'un dysfonctionnement de la fonction symbolique. La dyslexie serait la pointe de l'iceberg qui symboliserait une difficulté plus globale dans le domaine du symbolique.

Cependant, pour les organicistes, le trouble psychologique paraît plutôt être une conséquence de la dyslexie et de l'échec scolaire (Duvillié, 2007). En effet, les enfants dyslexiques sont des enfants intelligents et vifs qui sont, malgré tout, en échec scolaire. Leur implication et le surcroît de travail fourni à la maison ne sont la plupart du temps pas récompensés. Selon Hertzler (Signes édition, 2004), la dyslexie menace l'avenir de l'enfant et son autonomie, elle modifie aussi certains fonctionnements familiaux douloureux. Chez les enfants dyslexiques, l'inhibition est très fréquente ainsi que sa souffrance (et celle de ses parents) face à l'échec scolaire. Celui-ci ne leur permet pas d'acquérir les armes nécessaires pour une autonomie sociale que donnent habituellement les apprentissages. Duvillié (2007)

précise aussi que la situation des enfants dyslexiques modifie leurs comportements relationnels et altère leur image de soi qui est mal intégrée et dévalorisée.

C'est pourquoi, il serait important de leur faire prendre conscience que leur dyslexie peut être un atout, qu'ils ont des facultés différentes des autres enfants, qui les met en échec lors des apprentissages, mais qui peuvent devenir des qualités dans les domaines artistiques ou mathématiques. La dyslexie n'est pas un obstacle à la réussite, même dans le monde littéraire. Nous citerons parmi les plus célèbres dyslexiques Gustave Flaubert, Albert Einstein, Léonard de Vinci, Steven Spielberg et bien d'autres.

Nous avons vu dans cette dernière partie, que la dyslexie est, la plupart du temps, associée à des difficultés touchant le langage oral, l'orthographe, ou encore les fonctions cognitives supérieures comme l'attention, la concentration et la mémoire. Qu'en est-il de la motricité ? La corrélation entre langage et action est un sujet débattu dans le monde scientifique. Nous proposerons dans cette deuxième partie une analyse des résultats des différentes recherches menées sur ce sujet et plus précisément nous nous intéresseront aux études portant sur la perception des mouvements biologiques et le lien entre les compétences dans ce domaine et les compétences en langage.

II. Le lien entre langage et action

A. La perception des mouvements biologiques:

1. Tester la capacité de perception des mouvements biologiques :

La perception des mouvements biologiques est la capacité à percevoir, détecter, et reconnaître un mouvement produit par une entité biologique comme, par exemple, une action humaine.

Cette capacité fait partie de l'évolution des espèces et donc n'est pas spécifique à l'Homme. Les animaux ont depuis toujours utilisé cette capacité pour s'adapter à leur environnement et pour anticiper les comportements de leurs congénères dans un souci de survie (voir Blake, (1993) chez les chats, De Vallortigara et al., (2005) chez les poussins, Herman (1990) cité par Simion (2008) chez les dauphins). Pour les hommes également, la capacité à différencier les mouvements biologiques des non-biologiques joue un rôle primordial dans l'adaptation de leurs comportements. En effet, leurs réponses à

l'environnement qui les entoure, dépendront grandement de l'une des caractéristiques les plus importantes des objets animés : leur façon de se mouvoir (Bardi, Regolin & Simion, 2011).

Le mouvement des êtres humains est semi-rigide, il est limité dans l'espace par la structure osseuse qu'est le squelette. Les relations spatiales entre certaines parties du corps sont constamment modifiées alors que d'autres telles que la distance entre certaines articulations des membres, restent inchangées dans le mouvement.

Le système visuel humain est très sensible à ces particularités du mouvement. Les êtres humains peuvent détecter et identifier un mouvement humain en n'utilisant que très peu d'informations visuelles. Par exemple, une douzaine de points lumineux se déplaçant comme s'ils avaient été placés sur les principales articulations d'une personne, suffisent pour produire en un coup d'œil l'impression qu'une personne exerce une action coordonnée et pour détecter quel type de mouvement il s'agit. Même dans ce contexte visuel appauvri, seules 100 millisecondes suffisent à un adulte pour détecter une action humaine (Johansson, 1973).

Est ici décrite, la technique dite du « point light display » introduite en 1973 par G. Johansson, éminent chercheur de l'Université d'Uppsala en Suède. Ces animations en points lumineux représentent sur un fond noir, grâce à quelques points lumineux comme positionnés sur les principales articulations d'un corps humain mobile, différents types d'activités humaines (Pavlova, 2011). Le système visuel humain mature est très sensible à cette technique quel que soit le niveau d'intelligence de l'adulte. En effet, plusieurs études montrent que des adultes présentant un déficit mental parviennent également à identifier des mouvements humains représentés en point light display (Pavlova, 2011).

Cette technique est utilisée dans de nombreuses études explorant la capacité de perception des mouvements biologiques. Nous utiliserons d'ailleurs cette méthode dans notre recherche. Le principal avantage de cette technique est qu'elle permet de synthétiser les mouvements humains à leurs caractéristiques structurelles et de libérer l'œil des informations secondaires comme la forme ou la couleur qui sont autant de distractions pour des patients fatigables, et ayant fréquemment des troubles de l'attention. L'information véhiculée par ces animations en points lumineux est certes simplifiée mais très riche. Les adultes pourraient non seulement selon Dittrich (1993) et Runeson & Frykholm (1981) cités par Bardi et al., (2010), détecter la nature de l'action, mais aussi reconnaître le sexe de la personne (Kazlowski & Cutting, 1997), ou encore savoir si la personne nous est familière ou étrangère (Harai & Hiraki, 2005 et Simion et al., 2008) . Pavlova (2001) citait aussi Sverker Runeson (1983), étudiant de G. Johansson, qui a montré qu'un observateur peut faire la différence entre une

intention trompeuse et une vraie intention véhiculées par des mouvements en points lumineux. En effet, la réelle information est toujours détectée malgré les efforts de l'acteur pour les dissimuler. Les aspects de la personnalité et les émotions seraient donc cinématiquement spécifiés. La détection des mouvements biologiques dépendrait du contexte émotionnel de l'action.

2. Perception des mouvements biologiques : une capacité innée :

Savoir si cette capacité de perception des mouvements chez les êtres vivants est innée ou acquise fut au cœur d'un débat. La première démonstration convaincante du caractère inné de cette habileté provenait d'une étude comparative menée par Vallortigara, Regolin et Marconato (2005) cités par Pavlova (2011) sur des poussins nouveau-nés. Ils avaient présenté à des poussins, n'ayant jamais été exposés à une animation de type « point light display », des animations décrivant des mouvements biologiques (ex : une poule qui marche) et des mouvements non biologiques (ex : un objet en rotation). Les poussins avaient tous regardé préférentiellement l'animation de mouvements biologiques quelle qu'ait été l'espèce représentée.

Chez l'Homme nous retrouvons cette préférence pour les mouvements biologiques. Simion et al., (2008) révélaient une sensibilité innée pour les mouvements biologiques chez le très jeune enfant. Selon leurs résultats, la détection de mouvements biologiques était une capacité intrinsèque du système visuel humain. Dans leur étude, des bébés de 2 jours exposés à des mouvements biologiques versus des mouvements non biologiques en « point light displays », fixaient beaucoup plus longtemps les animations représentant des mouvements biologiques. Cependant ces résultats étaient relatifs car les mouvements biologiques présentés à ces nouveau-nés étaient tous supportés par des affichages structurés tandis que les mouvements non biologiques ne l'étaient pas. Il pouvait donc s'agir d'une préférence pour les affichages structurés.

C'est pour lever ce doute que Bardi et al. (2011), avaient mené une étude auprès de nouveau-nés âgés de 10 à 55 heures. Ils leur présentaient des animations structurées représentant des mouvements biologiques comme des mouvements non biologiques. Pour créer les animations structurées de mouvements non biologiques, ils affichaient une image statique d'une poule qui marche à laquelle ils faisaient subir une rotation sur son axe vertical. Pour évaluer la préférence des nouveau-nés ils calculaient leur temps de fixation face aux animations structurées de mouvements biologiques et celui face aux mouvements non

biologiques. Leurs résultats révélèrent que la préférence des nouveau-nés pour les mouvements biologiques ne dépendait pas du caractère structuré de l’affichage et que la capacité de détection des mouvements biologiques était bien une capacité innée de l’être humain.

Cette capacité ne s’arrête pas à une préférence pour les mouvements biologiques. L’être humain est aussi capable de différencier une action humaine d’une action non humaine (animale par exemple) à travers des animations de type « point light display ». Pavlova et al., (2001), ont prouvé que la reconnaissance des formes humaines était fiable même quand l’information structurelle était très réduite, et que cette capacité était déjà pratiquement acquise à l’âge de 3 ans. A 5 ans déjà, les enfants auraient atteint les capacités de reconnaissance des mouvements biologiques correspondant à celles des adultes.

Hiraki & Harai (2005) ont quant à eux procédé à des mesures de potentiels évoqués, durant la perception de mouvements biologiques et la perception de mouvements randomisés non biologiques, chez des enfants âgés de 8 mois à peine. Ils ont constaté une activation de l’hémisphère droit des nouveau-nés lors de la perception de mouvements biologiques qui était similaire à celle des adultes. Ceci suggérait que les circuits neuronaux engagés dans le traitement de la perception des mouvements commençaient à être matures aux alentours de l’âge de 8 mois. La même expérience a été menée chez des nouveau-nés de 6 mois et ceux-ci ne présentaient pas encore de différence significative entre la détection de mouvements biologiques et de mouvements non biologiques, en ce qui concernait le nombre de potentiels évoqués enregistrés lors de leur perception.

La capacité de perception des mouvements biologiques étant, comme nous venons de le voir, une capacité innée, il serait légitime de se demander si les troubles développementaux des enfants dysphasiques et dyslexiques pourraient impacter cette compétence précoce ou si au contraire elle était préservée et pourrait représenter un pilier sur lequel pourrait s’appuyer la rééducation des troubles développementaux durables du langage.

B. Le Système des neurones miroirs :

1. Définition :

Le système des neurones miroirs est l’ensemble des aires corticales capables de faire correspondre l’observation des actions avec l’exécution de celles-ci. (Ertelt & Binkofski, 2012). Une de ses principales caractéristiques est l’activation des aires motrices par la seule

observation d'actions. Selon Ertelt et al., (2012), le système des neurones miroirs jouerait un rôle crucial dans la compréhension du contenu des actions observées et pourrait participer à la procédure d'apprentissage de ces actions. Une observation attentive des principaux mouvements d'une action pourrait entraîner l'activation des muscles impliqués dans l'action, chez l'observateur. Aussi, l'observation de prototypes moteurs induirait un effet d'apprentissage des séquences motrices correspondantes chez l'observateur, sans qu'il ait à réaliser lui-même l'action. Ces aspects facilitateurs ont d'abord été démontrés chez des singes dans l'étude de Pellegrino, Fogassi et Fatiga (1992) citée par Ertelt et al., (2012). En effet, chez les primates, certains neurones moteurs s'activaient non seulement durant l'exécution de l'action mais aussi lors de l'observation de celle-ci. L'hypothèse principale décrite par Ertelt et al., (2012) supposait que la représentation sensori-motrice de l'action perçue par l'observateur était automatiquement reconstituée mentalement et stockée dans le cerveau de ce dernier, grâce à l'activation des neurones miroirs lors de l'observation de l'action.

Le système des neurones miroirs humain est comparable à celui des singes en plusieurs points, même si certaines caractéristiques sont propres à l'Homme, comme le fait que le système miroir humain peut être activé pour des actions intransitives, c'est à dire non dirigées vers un but (Rizzolatti & Fabbri-Destro, 2008).

2. Neurophysiologie : le siège des neurones miroirs :

Les neurones miroirs seraient répartis dans diverses aires corticales chez les singes (« Ertelt et al 2012) : dans l'aire F5, le cortex temporal supérieur, les aires intra-pariétales antérieures dans le cortex pariétal inférieur et dans le cortex pré-moteur. De nombreuses études psychologiques et de neuro-imagerie ont prouvé l'existence d'un système miroir chez l'Homme. Le système miroir humain serait plus large que celui des singes et inclurait des zones somato-sensitives ; il existerait par exemple chez l'Homme, des neurones acoustiques miroirs. Kohler, Keyser, Umiltà, Fogassi, Gallese & Rizzolatti (2002) cités par Gentilucci & Bernardis (2007) ont enregistré chez des sujets entendant le bruit relatif à une action, une activation motrice de neurones miroirs acoustiques aussi importante que s'ils avaient réalisé eux-mêmes l'action en question. Keyser & Gazzola (2010), ont décrit un système de neurones miroirs s'étendant dans plus de régions corticales qu'on ne pensait. En effet, il s'étendrait de la partie ventrale du cortex pré-moteur jusqu'au lobe pariétal inférieur, traditionnellement associé à ce système. De récentes recherches utilisant des technologies de pointe, comme les IRM fonctionnelles, les stimulations magnétiques trans-crâniennes ou

encore les magnétoencéphalographies, suggéraient que le cortex primaire somato-sensoriel, l'aire motrice supplémentaire ou encore le lobe temporal sont aussi sièges du système des neurones miroirs. D'autres ont trouvé la présence de ces neurones dans l'hippocampe et le gyrus para-hippocampique. Les neurones miroirs seraient minoritaires dans le système neuronal de l'Homme, mais on les retrouverait dans de nombreuses régions corticales. Ces neurones seraient excitables autant dans l'exécution d'une action que dans sa simple observation. Mais la question que se sont posés de nombreux auteurs, que résumait Keysers & Gazzola (2010), est que si certains neurones moteurs sont activés quand nous observons une action, pourquoi n'imitons-nous pas toujours ce que l'on voit ? La réponse serait que certains neurones auraient des propriétés d'anti-miroir. En lien avec les neurones miroirs, ils pourraient aider le cerveau à observer une action sans l'imiter obligatoirement. Ces neurones augmenteraient le taux d'activation motrice lors de l'exécution d'actions mais le diminueraient lors de leur observation d'action. Ces neurones anti-miroir permettraient aussi à l'Homme de discriminer ses propres actions de celles d'autrui.

3. Les fonctions des neurones miroirs :

- L'Imitation :

L'imitation est la capacité individuelle qui permet d'apprendre à exécuter une action en regardant comment fait autrui.

L'imitation est essentielle dans le développement de l'enfant. Au début de la vie, c'est une action involontaire. Dès les premières heures de sa vie, un bébé imite les expressions du visage (protrusion de la langue, des lèvres, ouverture de la bouche), les mouvements de tête et de bras (Heimann (1998) et Meltzoff & Prinz (2002) cités par Gentilucci & Bernardis (2007)). Il imite les mouvements du visage de l'adulte sans même avoir déjà vu ses propres mouvements. Au fur et à mesure, l'imitation devient volontaire : l'enfant apprend à inhiber l'action automatique liée à la perception pour faire de l'imitation un mouvement volontaire contribuant à son développement cognitif. Le système miroir a une fonction essentielle d'imitation. L'expérience de Gentilucci et al., (2007) révélait l'activation du système miroir. Dans cette étude les auteurs se demandaient si l'écoute et l'observation d'un interlocuteur en train de parler, influençaient la propre production de phonèmes de l'observateur ; notamment si cela modifiait les caractéristiques de cinématiques de ses lèvres et du spectre de sa voix. L'expérience a été menée sur des participants de sexe féminin qui devaient observer puis répéter une chaîne acoustique de phonèmes. Certaines d'entre elles observaient et écoutaient

un acteur de sexe masculin, tandis que d'autres observaient et écoutaient une actrice. Les résultats ont révélé que la cinématique des lèvres et le spectre vocal des participantes lors de la répétition étaient dans tous les cas sensiblement similaires à ceux de l'interlocuteur observé et entendu. Une imitation pratiquement automatique s'était donc mise en place, ce qui confirmait l'idée que l'activation du système miroir lors de l'observation, impactait l'exécution de l'observateur jusqu'à modifier des caractéristiques physiques telles que la cinématique des lèvres ou le spectre vocal. Gentilucci et al., (2007) avaient ajouté que l'imitation de ces caractéristiques suggérait une tendance automatique et inconsciente de l'observateur à interagir avec son interlocuteur et donc à comprendre ses intentions. Ils décrivaient ainsi le rôle majeur du système miroir dans la cognition sociale.

- Rôle dans les capacités de cognition sociale :

Des expériences menées sur les singes et sur l'Homme ont montré que le mécanisme en miroir permettait la compréhension des actions et intentions d'autrui, et l'adaptation en conséquence de son propre comportement (Rizzolatti & Fabbri-Destro, 2008). L'aspect fondamental de la cognition sociale est justement, de savoir percevoir et comprendre ce que font les autres, leurs intentions et leurs sentiments sans qu'ils aient à les exprimer verbalement. En effet, certains modèles de reconnaissance des mouvements comme celui de Caggiano, Fogassi, Rizzolatti, Pomper, Thier, Giese & Casile (2011) ont pris comme référence une hiérarchie dans le traitement visuel qui attribuait aux aires visuelles supérieures telles que le sillon temporal supérieur, le traitement des détails visuels des actions (perception de la forme, de la couleur, de la direction, de la vitesse, etc.). Dans cette attribution des tâches de traitement visuel, le système miroir était impliqué dans la compréhension des actions grâce à une mise en correspondance des représentations visuelle et motrice des actions concernées. Le système miroir permettrait donc cette communication non verbale (Rizzolatti & Fabbri-Destro, 2008) en procurant à un observateur lambda les capacités pragmatiques pour être adapté au comportement de celui qu'il observe. Observer les actions d'autrui permettrait de percevoir les sensations motrices que celles-ci impliquent et même de ressentir les émotions de celui qui les réalise au moment où il les réalise. On suppose donc que grâce au système miroir nous comprenons autrui, ses actions et son comportement sans élaboration cognitive complexe.

Si le système miroir a un rôle prépondérant dans la communication non verbale, il est aussi influent dans la communication verbale et notamment dans le développement et les réalisations langagières.

- Rôle dans la fonction langagière :

Les neurones miroirs seraient également présents au niveau de l'aire de Broca, qui est l'homologue de l'aire F5 des singes, et permettraient de transformer les phonèmes entendus en procédures motrices pour les exécuter (Rizzolatti & Fabbri-Destro, 2008). L'activation de l'aire de Broca a aussi été prouvée lors de la production ou de l'observation d'actions manuelles ou oro-faciales. Buccino, Vogt, Ritzl, Gereon, Fink, Ziles, Freund & Rizzolatti (2004) ont démontré que l'aire de Broca était activée par la simple observation de visages de personnes en train de parler ou même par l'imagination produite par des visages exprimant des émotions. Gentilucci, Campione, Dalla Volta, & Bernardis (2009) ont quant à eux fait l'hypothèse, dans leur étude comportementale combinée à des stimulations magnétiques trans-crâniennes, que l'observation de préhensions manuelles d'objets activait, chez les observateurs, les commandes motrices de la bouche autant que celles des mains. Les commandes motrices de la bouche et des mains de l'observateur étaient comparables, à ce moment-là, à celles de l'acteur observé. De plus, en mesurant les formants de la voix des participants, Gentilucci et al., (2009) ont découvert que l'observation des mains en action modifiait le premier formant de la voix et donc qu'elle impactait les commandes motrices de la bouche qui affectaient, à leur tour, les caractéristiques de base des organes phonatoires de l'observateur. Ce qui modifiait alors les unités phonologiques de sa voix. C'est d'ailleurs ce que Chen et al., (2008) ont aussi prouvé en montrant que l'écoute des phonèmes stimulait l'aire de la motricité des muscles de la langue impliqués dans la réalisation de ces sons.

Les neurones miroirs feraient donc partie intégrante de la boucle audio-phonatoire en permettant de lier le langage oral (les phonèmes entendus) à la motricité (séquence motrice des muscles oro-faciaux impliqués dans la réalisation de ces phonèmes.)

Globalement, le système miroir serait donc évoqué dans de nombreuses fonctions et serait particulièrement impliqué dans les fonctions langagières.

C. Lien entre motricité et langage

1. Introduction :

Depuis longtemps les systèmes corticaux du langage et des actions étaient considérés comme indépendants. En effet, ils apparaissaient singuliers du fait de leurs bases corticales respectives qui sont distinctes et bien délimitées. Les systèmes langagier et moteur étaient également dissociables par les affections neurologiques que provoque leur atteinte respective (aphasie versus apraxie, paralysie). Ils pouvaient aussi sembler autonomes car divisibles eux-mêmes en sous-systèmes fonctionnels gérant pour le système moteur, les mouvements des différentes parties du corps et pour le système langagier les diverses fonctions linguistiques (expression versus compréhension et phonologie versus sémantique). Enfin selon Finlay & McPhillips (2013), l'émergence des compétences linguistiques et celle des compétences motrices avaient principalement été décrites comme impliquant des voies de développement totalement différentes.

Cependant Pulvermuller (2005) précisait, que le langage et la motricité suivaient une progression sous-jacente commune dans leur fonctionnement cognitif. Les fonctions corticales telles que la motricité et le langage seraient servies par un système fonctionnel interactif plutôt que par des modules encapsulés indépendants. Des informations concernant le langage et la motricité interagiraient dans des ensembles neuronaux communs. Des investigations neuro-anatomiques ont prouvé l'existence de connexions neuronales entre le système moteur et l'homologue du système langagier chez les singes, l'aire F5. Par exemple, des liens existaient entre le cortex pré-moteur ventral et dorsal et les homologues des aires de Broca et Wernicke de ces animaux. Ces liens indiquaient que le flux d'informations était possible entre les systèmes moteur et langagier. De nombreuses études se sont appuyées sur cette découverte chez les singes pour démontrer le lien entre langage et action chez l'Homme adulte. Chez l'enfant les recherches sont plus rares et c'est d'ailleurs ce que nous tenterons de mener dans la partie pratique de ce mémoire. Mais avant, nous développerons les résultats obtenus par les recherches basées sur le lien entre langage et action.

2. Langage oral et action :

- Utiliser les verbes d'actions pour étudier le lien langage/action :

Les verbes représentent un lien abstrait entre forme linguistique et motricité. Ce lien est appris en contexte durant l'enfance par l'intégration en mémoire d'une représentation linguistique du mot et du programme moteur correspondant à l'action désignée par ce mot. Ces deux composantes sont automatiquement et simultanément activées durant la compréhension d'un mot-action. Pulvermuller (2005) a fait l'hypothèse que la reconnaissance d'un verbe, active le réseau neuronal spécifique à l'exécution de l'action correspondante. Les zones cérébrales activées lors de la perception d'un verbe correspondaient à celles contrôlant les muscles mis en œuvre dans cette action. Selon Boulenger, Mechtouff, Thobois, Broussolle, Jeannerod & Nazir (2008) l'intégrité du système moteur est nécessaire à la compréhension des verbes. Dans les études concernant le lien entre système linguistique et système moteur, le verbe est un stimulus parfait car il active simultanément ces deux entités. En effet, Boulenger et al., (2008) ont examiné l'impact de la maladie de Parkinson sur les performances en décision lexicale des verbes comparées à celles en décisions lexicales des noms. Ils ont étudié les performances en décision lexicale d'un groupe de 10 malades parkinsoniens durant la phase OFF du traitement par Lévodopa et durant la phase ON (60 min après la prise des médicaments). Ils ont comparé ces résultats à ceux recueillis auprès d'un groupe de participants sains appariés en âge, genre, situation socio-économique et niveau d'éducation. Ils leur ont proposé 70 verbes, 70 noms et 140 pseudo-mots construits en changeant une lettre ou l'ordre des lettres dans les vrais noms et les vrais verbes. Les résultats révélaient des pourcentages d'erreurs en moyenne plus élevés chez les patients en phase OFF et en phase ON de la maladie que chez les participants sains ; mais ce qui était significatif c'était que dans la phase OFF, les temps de réaction calculés étaient clairement supérieurs à ceux des patients en phase ON ou à ceux des typiques et ce surtout pour les verbes. Cette étude suggérait que dans la phase OFF du traitement, lorsque les déficits moteurs étaient à leur paroxysme, les capacités en décision lexicale des patients parkinsoniens chutaient et surtout que pour les verbes elles étaient significativement en deçà des performances attendues pour l'âge, le niveau d'éducation, les caractéristiques socio-économiques. L'accès aux verbes serait donc dépendant des capacités motrices du patient. De récentes études citées par Marangolo, Cipollari, Fiori, Razzano et Caltaginone (2012), ont, quant à elles, montré l'effet

facilitateur qu'ont certains gestes pour la récupération des mots et notamment celle des verbes chez des patients cérébro-lésés aphasiques qui présentaient un manque du mot spécifique aux verbes. L'hypothèse avancée était que les mots dont la récupération était facilitée par les gestes seraient sémantiquement représentés par des caractéristiques sensori-motrices. Selon Marangolo et al., (2012) le système moteur et le système langagier seraient étroitement liés par une représentation conceptuelle commune. Martin & Beauchamp (2007) affirmaient que la représentation sémantique d'un concept était composée d'informations sur ses caractéristiques visuelles (forme, couleur, taille...) mais aussi du mouvement moteur associé à son utilisation ou à son déplacement. Les gestes et le langage seraient même codés par un seul et même signal géré par un seul et même système de communication (Gentilucci, Dalla Volta, & Gianelli, 2008).

De plus, cette relation serait réciproque. En effet, les verbes permettraient de stimuler des capacités motrices perdues. Sato, Mengarelli, Riggio, Gallese & Buccino (2008) ont trouvé chez des patients hémiplegiques des résultats en dénomination de verbes plus lents pour des actions relatives aux mains que ceux pour la dénomination d'actions relatives aux pieds. A partir de ces résultats, ils ont émis l'hypothèse que l'utilisation de verbes en lien avec des actions exécutées par différents effecteurs pouvait activer et stimuler les substrats neuronaux engagés dans ces actions, même chez les personnes n'ayant plus la faculté motrice d'exécuter en réalité ces actions spécifiques (ex : pour un hémiplegique l'action d'écrire, de manger, de se peigner de la main paralysée).

Ces différentes études ont donc révélé un lien particulier et privilégié entre les verbes d'actions et la motricité qui n'existe pas pour les autres types de mots. D'autres auteurs sont allés plus loin et ont étudié le lien entre langage et motricité en utilisant l'observation des mouvements ou leur imitation pour améliorer l'accès aux mots d'actions.

- Lien entre représentation motrice et langage

Ce lien entre représentation sensori-motrice produite par l'observation ou la simulation d'actions et la représentation conceptuelle créée par la lecture de mots ou de phrases décrivant des actions, a été prouvé par des études en neuro-imagerie révélant une correspondance de ces deux activités (observer une action ou lire une phrase relative à une action) dans l'activation de zones corticales communes. C'est le cas de l'étude de Aziz-Zadeh, Wilson, Rizzolatti, & Iacoboni (2006) qui ont cherché à prouver que les régions du cortex pré-moteur humain sont actives à la fois dans l'observation d'actions et dans la lecture de phrases relatives à ces

actions. Pour cela, l'expérience menée sur 12 adultes sains, était divisée en trois étapes. Les deux premières consistaient en la lecture de phrases littérales et d'autres métaphoriques relatives à des actions spécifiques de trois effecteurs différents : la bouche, les pieds et les mains. La troisième étape consistait à observer des vidéos d'actions de ces trois mêmes effecteurs. A chaque étape, une IRM fonctionnelle permettait d'enregistrer l'activation des différentes zones corticales impliquées. Les résultats ont révélé que les deux tâches activaient des aires motrices et pré-motrices équivalentes. La correspondance, entre les secteurs corticaux stimulés par l'observation d'actions et ceux mis en jeu par la lecture de phrases-actions, met en évidence l'implication des neurones miroirs dans ce processus. En effet, le système miroir permettrait la reconstitution des représentations sensori-motrices propres à l'exécution des actions durant non seulement l'observation d'actions mais aussi durant le processus linguistique qu'est la lecture de phrases-actions.

Ce lien entre représentation motrice et langage a aussi été révélé dans l'étude comportementale de Bidet-Ildei, Sparrow & Coello (2011) qui ont supposé que la lecture des verbes pouvait influencer la perception visuelle des mouvements biologiques. Pour cela, ils ont proposé à 18 adultes sains une tâche de jugement de mouvements biologiques dans laquelle ils devaient juger, dans les animations en « point light » auxquelles les auteurs avaient associé une forte densité de masques (points entourant le mouvement et bougeant de manière aléatoire), s'il s'agissait ou non de mouvements biologiques. Le temps de réponse était mesuré. Avant chaque animation les participants observaient, durant 500 ms, soit un verbe abstrait n'ayant pas de rapport sémantique avec l'action, soit un verbe d'action congruent. Leurs résultats ont révélé que la qualité du jugement des mouvements biologiques n'était pas influencée par la lecture préalable des verbes mais que le temps du jugement diminuait lorsque le verbe précédemment présenté était un verbe d'action sémantiquement congruent à l'action en « point light ». Selon ces résultats, Bidet-Ildei et al., (2011) ont confirmé leur hypothèse selon laquelle un lien existait entre la lecture de verbe et la perception des mouvements et ont suggéré eux aussi, que la perception, la planification et le codage linguistique des actions étaient sous-tendus par une représentation motrice commune.

- L'observation d'actions au service des capacités langagières perdues :

Aux vues des résultats obtenus sur des sujets sains certains auteurs ont cherché à prouver que l'exécution motrice n'était pas forcément nécessaire pour aider la récupération de

mots d'actions dans le contexte de troubles acquis du langage oral. Sa simple simulation ou observation serait suffisante. C'est le cas de Marangolo et al., (2010) qui ont cherché à déterminer, chez des patients anomiques, si l'observation d'actions sémantiquement congruentes et/ou l'observation associée à l'exécution d'actions congruentes aux verbes à dénommer, améliorait la récupération de ces verbes. Les résultats ont montré une amélioration de la récupération des verbes dans les deux conditions (observation de l'action seule et observation associée à l'exécution) et cette amélioration était toujours présente lors du contrôle de suivi 2 mois après l'entraînement. Les résultats ont donc prouvé que l'observation d'actions améliorait, aussi bien que l'exécution de l'action, les capacités de récupération des verbes correspondants. Conformément à l'hypothèse de l'existence d'un système de neurones miroirs qui relierait observation et exécution d'actions, les auteurs ont fait valoir que l'observation d'actions serait suffisante pour activer le système sémantique et la représentation sensori-motrice correspondante et donc permettrait la récupération des verbes. Cet apport bénéfique de l'observation d'actions a été aussi démontré pour la compréhension du langage. Bernardis & Gentilucci (2006) ont montré que l'exécution de gestes améliorait la compréhension d'un texte et que ces progrès se retrouvaient également lorsque le patient n'était sommé que d'observer les gestes associés à la lecture du texte en question.

Cependant la question qui se posait alors était : dans quelle condition l'observation d'actions était-elle vraiment efficace ? Buccino et al., (2004) ont suggéré que le système miroir était plus fortement activé par des actions qui pouvaient être reproduites et qui faisaient surtout partie du répertoire moteur du patient. En effet, le système miroir joue d'autant plus un rôle fondamental dans l'imitation des actions lorsque celles-ci sont présentes dans le répertoire moteur de l'observateur. Pour une action inconnue par l'observateur (telle que celle utilisée dans leur étude : jouer des accords de guitare pour un novice), un apprentissage est nécessaire et consiste en une transformation de la séquence motrice observée en une action identique mais réalisée par l'observateur.

C'est pourquoi, Marangolo et al., (2012) ont tenté d'étudier le rôle de l'observation d'actions dans la récupération des verbes chez des patients aphasiques en comparant les effets induits par l'observation d'actions humaines et l'observation d'actions non-humaines. Sept patients ayant une perturbation spécifique de la dénomination d'actions (récupération des verbes) ont suivi un programme d'entraînement intensif qui incluait 5 sessions par jour durant deux semaines. Dans chaque session, les patients devaient observer attentivement 115 vidéos clips durant chacun 15 secondes et représentant des actions humaines, puis devaient nommer

l'action observée. La même expérience a été réalisée avec des actions non-humaines. Les résultats ont révélé que l'observation d'actions humaines et non-humaines était bénéfique à la récupération des verbes d'actions correspondants mais aussi que la récupération des verbes est significativement plus importante pour ceux correspondant à des actions humaines. Sachant aussi que la récupération se préserve à long terme lorsque l'action appartient au répertoire moteur du patient. Cette étude suggérait que les principes de réhabilitation des déficits moteurs par l'observation d'actions pouvaient être aussi efficaces pour améliorer le langage et pallier les manques du mot. Ces principes de base étant : une pratique intensive et de courte durée, l'observation d'actions permettant une récupération à long terme des mots, et l'utilisation d'actions du répertoire moteur du patient pour des résultats durables.

- L'observation d'actions pour contourner les difficultés durables de langage oral des enfants dysphasiques.

Très peu d'études ont étudié le lien entre le langage oral et la motricité chez les enfants atteints de troubles spécifiques et durables du langage oral (les enfants dysphasiques). La présence de troubles moteurs associés à la dysphasie s'est notamment révélée dans l'étude de Finlay & McPhillips (2013). Ils ont comparé les compétences motrices d'un groupe d'enfants âgés de 9 à 10 ans atteints de troubles spécifiques du langage à celles d'enfants n'ayant pas de difficultés de langage et appariés en âge et en QI (Quotient intellectuel) non verbal. Les enfants atteints de troubles spécifiques du langage obtenaient des scores inférieurs à ceux des contrôles, que ce soit dans les exercices langagiers que dans les épreuves motrices. Leurs conclusions suggéraient que le diagnostic des troubles spécifiques du langage pouvait être influencé par des problèmes développementaux supplémentaires dont la détection devrait faire partie de l'évaluation diagnostique et que la prise en charge de ces comorbidités devrait représenter un des axes de la rééducation de troubles spécifiques du langage en orthophonie (Finlay & McPhillips, 2013).

Hill (1998) a d'une autre manière cherché à révéler chez 19 enfants dysphasiques et 11 enfants ayant un trouble développemental de coordination, la présence de troubles associés de type dyspraxique. Pour cela elle a comparé les performances de ces deux groupes d'enfants à un groupe d'enfants typiques appariés en âge et à un groupe d'enfants typiques plus jeunes, dans trois tâches pratiques utilisant des gestes familiers et inconnus. Les enfants devaient exécuter, sous ordres verbaux, des gestes transitifs (utilisation d'un objet) et d'autres

intransitifs, et imiter des configurations manuelles ou des séquences de configurations manuelles. Les résultats révélèrent que les difficultés étaient présentes autant chez les enfants dysphasiques que chez les enfants ayant un trouble de coordination. Et ces difficultés portaient principalement sur les tâches d'exécution de gestes représentationnels et non sur les tâches d'imitation de configurations manuelles. Le trouble dyspraxique affectait tous les enfants du groupe clinique même les enfants qui avaient réussi la passation du test *The Movement ABC* (Henderson et Sugden, 1992) utilisé en Angleterre pour déceler les difficultés motrices chez les enfants.

Kambanaros (2012) a elle aussi étudié ce lien entre motricité et langage oral dans une population d'enfants dysphasiques grecs mais sous un angle différent. En effet, elle est partie du constat que les enfants dysphasiques ont plus de difficultés à utiliser les verbes que les noms. Ils utilisent les verbes moins souvent et ceux utilisés sont sémantiquement moins spécifiques. Il s'agit de verbes génériques comme « faire », « avoir », « mettre », « venir », « donner » (Rice, 1991, 2003) cité par Kambanaros (2012). Dans son étude elle s'intéressait à la récupération des verbes instrumentaux chez les enfants dysphasiques. Son hypothèse était que les verbes instrumentaux ou les verbes instrumentalement liés aux noms étaient plus difficiles à dénommer pour les enfants dysphasiques. Les résultats ont confirmé cette hypothèse et ont étayé également les conclusions de Rice en révélant des performances en dénomination d'actions plus basses chez les enfants dysphasiques que chez les enfants typiques.

Les verbes sont, nous l'avons déjà vu précédemment, le lien entre linguistique et motricité et les résultats de Kambanaros (2012) nous laissent supposer que chez les enfants ayant un retard durable et développemental sur le plan langagier, les capacités motrices sont également perturbées.

Une seule étude s'est, jusqu'à aujourd'hui, intéressée directement au lien existant entre la perception des mouvements biologiques et les troubles spécifiques et durables du langage oral (Cuvellier, 2013). Elle a tenté de prouver l'existence d'un lien entre le langage oral et la perception des mouvements biologiques, chez 8 enfants dysphasiques comparés à un groupe contrôle d'enfants appariés en âge et en genre. Pour cela, elle a présenté aux enfants une animation de type « point light display », représentant un homme qui court, entourée de masques. Le nombre de masques variait aléatoirement lors de l'épreuve. Les enfants devaient choisir si le mouvement de course, vu de profil, se dirigeait vers la droite ou vers la gauche. Les résultats ont révélé que plus le nombre de masques augmentait, plus les enfants

dysphasiques et les contrôles répondaient au hasard. La capacité de discrimination de mouvements biologiques de ces enfants était sensible à la présence de masques. Surtout, cette étude a révélé que les enfants dysphasiques étaient significativement moins performants que les contrôles dans la reconnaissance de mouvements biologiques. Il semblerait donc que le trouble spécifique du langage oral soit associé à une difficulté de discrimination des mouvements biologiques.

Nous avons vu précédemment dans la description du processus de lecture et notamment dans la description des aires cérébrales impliquées dans la lecture, que celle-ci était sous-tendue tout d'abord, par la région de la forme visuelle des mots, elle-même connectée à de nombreuses aires impliquées dans le langage oral. Alors que nous venons de voir que le langage oral et la motricité étaient contrôlés par des aires cérébrales communes et que leur altération était souvent concomitante, qu'en est-il du lien entre langage écrit et action ?

3. Langage écrit :

Une question fait débat concernant l'influence des difficultés motrices souvent présentes dans la dyslexie. Est-ce une comorbidité fréquente mais autonome de la dyslexie ou bien un dysfonctionnement cérébral qui a un lien de causalité avec le trouble développemental du langage écrit ? Cette question se pose, compte tenu des différentes mesures de fréquences des troubles sensori-moteurs dans des populations d'enfants dyslexiques. Nicolson, Fawcett & Dean (2001) ont trouvé, chez 80% de leur population d'enfants dyslexiques, des déficits moteurs tels que des troubles de l'équilibre, du tonus musculaire ou de la coordination, qu'ils ont interprétés comme des déficiences cérébelleuses. Leur hypothèse était que les troubles de lecture et d'orthographe de ces enfants étaient également dus à ce dysfonctionnement cérébelleux et impliquaient donc les atteintes du cervelet dans un lien de causalité avec la dyslexie. La dyslexie serait, selon eux, un déficit global d'autonomisation des procédures sensori-motrices. D'autres auteurs ont trouvé un taux moins important de symptômes sensori-moteurs dans la dyslexie. C'est le cas de Ramus, Pidgeon & Frith (2003) cités par Chaix, Albaret, Brassard, Cheuret, de Castelnau, Benesteau, Karsenty & Démonet (2007), qui ont rapporté la présence de déficits moteurs chez seulement 33% des enfants dyslexiques de leur population. Leur hypothèse considérait les troubles moteurs comme des symptômes comorbides, sans lien direct de causalité avec la dyslexie. L'étude de Chaix et al., (2007) étayait

cette théorie, en montrant, dans sa population de 58 enfants dyslexiques, des performances motrices sévèrement touchées (inférieur à -2 DS de la moyenne pour l'âge) pour 40% des enfants, moyennement touchées (entre -2 et -1 DS de la moyenne pour l'âge) pour 17% d'entre eux et une absence de chute de performances motrices pour 43% des enfants dyslexiques évalués. Leur conclusion reconnaissait une comorbidité fréquente de troubles moteurs à la dyslexie, ce qui sous-entendrait que le développement de la motricité et celui du langage écrit seraient parallèlement coordonnés. Mais ces déficits sensori-moteurs, n'étant pas présents dans la majorité des cas, ne pouvaient pas être la cause des troubles développementaux du langage écrit.

Les recherches mettant en relation les troubles du langage écrit et les déficits en perception de mouvements biologiques sont très rares. Il n'existe pas d'étude concernant les capacités en perception de mouvements des patients atteints d'alexie suite à un AVC (Accident Vasculaire Cérébral) par exemple. Certaines recherches ont cependant étudié le lien entre le langage écrit et la perception de mouvements biologiques dans les troubles développementaux du langage écrit. Menghini, Vicari, Mandolesi & Petrosini (2011) qui, partant du constat que l'imitation d'actions appartient à la même catégorie de processus impliqués dans la planification et l'exécution d'actions, ont cherché à savoir si les enfants dyslexiques étaient plus gênés que les enfants normo-lecteurs pour apprendre une séquence visuo-motrice par la simple observation. En temps normal, observer une personne faisant l'action que nous devons apprendre améliore considérablement notre acquisition de cette même action et limite le temps d'apprentissage et les erreurs commises durant nos essais de réalisation. Selon Meltzoff & Moore (1997) cités par Menghini et al., (2011), acquérir des compétences grâce à l'observation est une compétence innée. En 2011, Menghini et al. ont découvert que non seulement les enfants dyslexiques présentaient de sérieuses difficultés pour apprendre en observant mais aussi que l'association de l'observation et de l'exécution dans l'apprentissage d'une séquence motrice (faire après avoir vu comment faire) leur permettait d'être aussi efficaces que les enfants normo-lecteurs auxquels ils étaient comparés. Selon eux, l'effet bénéfique de l'association exécution-observation pourrait fournir aux enfants dyslexiques une chance d'acquérir de nouvelles capacités cognitives. Aussi, les enfants dyslexiques, ayant des difficultés pour apprendre en observant et en imitant, pourraient avoir un système miroir déficitaire. Nous pouvons effectivement supposer que l'acquisition du langage écrit serait également liée à ce système complexe.

Enfin, ces résultats nous laissent sous-entendre une fois de plus que le langage (quelle que soit sa modalité) et la motricité, dans sa modalité perceptive, sont étroitement liés et que dans le cas de troubles spécifiques du langage écrit, ils seraient tous les deux atteints. Dans la partie pratique de ce mémoire, nous tenterons d'apporter des arguments supplémentaires à cette hypothèse, en montrant notamment que les capacités de lecture de verbes sont corrélées aux capacités de perception de mouvements biologiques chez les enfants, et que les enfants dyslexiques présentent des difficultés associées dans le jugement de mouvements biologiques.

Partie Pratique

III. Problématique et Hypothèse :

A. Problématique :

Cette introduction théorique a mis en évidence le lien existant entre le système langagier et le système moteur et a pointé l'importance de l'activité du système miroir dans ces deux entités que l'on crut longtemps indépendantes. En effet, le système miroir est activé lors de la perception des mouvements biologiques qui apparaît comme un prérequis au développement moteur et à la communication non verbale.

Les liens précédemment décrits entre langage et action laissent supposer la présence quasi-systématique de troubles de la motricité et/ou de la perception des mouvements biologiques dans les atteintes acquises du langage oral et dans des troubles développementaux du langage oral et écrit.

A l'instar des auteurs précédemment cités, nous supposons dans ce mémoire qu'il existe des comorbidités motrices dans la dyslexie. Nous tenterons de révéler plus précisément l'existence de troubles de la perception des mouvements biologiques associés aux troubles de la lecture chez des enfants âgés de 9 à 11 ans et étant diagnostiqués dyslexiques.

Dans une première expérience, nous tenterons de prouver la corrélation entre langage écrit et perception des mouvements en proposant deux tâches expérimentales :

- une tâche de décision lexicale qui consistera pour l'enfant à décider si un mot existe dans la langue française ou pas.

- une tâche de décision de mouvements qui consistera pour l'enfant à détecter dans une animation de points lumineux, les mouvements biologiques des mouvements non biologiques. Les résultats des enfants dyslexiques seront comparés à ceux d'un groupe d'enfants tout-venants appariés en âge.

Une précédente étude a testé ce même protocole sur une population de 24 adultes (Vinell, 2013). Les résultats ont révélé la corrélation attendue qui lie la perception des mouvements biologiques à la lecture des verbes d'actions. En outre, dans cette étude, le lien entre motricité et langage était mis en avant par la corrélation entre le temps de décision de la réalité d'un

mouvement biologique et le temps de reconnaissance d'un verbe d'action. Corrélation qui n'était pas avérée entre perception des mouvements biologiques et lecture des noms.

B. Hypothèses

H1 : Nous posons l'hypothèse que les performances en décision lexicale sur les verbes d'actions et les performances en décision de mouvements biologiques des enfants tout-venants sont corrélées.

H2 : Les performances en décision lexicale sur les verbes d'actions et les performances en décision de mouvements biologiques des enfants dyslexiques sont corrélées.

H3 : Les enfants dyslexiques sont significativement moins performants que les contrôles dans les tâches de décision lexicale.

H4 : Les enfants dyslexiques sont significativement moins performants que les contrôles dans la tâche de décision de mouvements biologiques, ce qui sous-entendrait un lien étroit entre le développement de la capacité de perception des mouvements biologiques et celui de la lecture. Le système des neurones miroirs soutenant la capacité de perception des mouvements serait donc aussi lié à la capacité de lecture.

IV. Matériel et Méthodes

A. Population :

La population de l'expérience 1 était composée de deux groupes. Un groupe contenait 19 enfants (2 garçons gauchers, 6 garçons droitiers et 11 filles droitères) âgés entre 9 et 11 ans, ayant été diagnostiqués dyslexiques et bénéficiant d'un suivi orthophonique en cabinet libéral à une fréquence de 1 à 2 séances par semaine. Les critères d'exclusions étaient : une dysphasie, une dyspraxie, une déficience mentale ou encore un trouble sensoriel associés.

L'autre groupe était composé de 19 enfants tout-venants (7 garçons droitiers et 12 filles droitères) appariés en âge au groupe d'enfants dyslexiques. (**Tableau 1** ci-dessous)

Tableau 1 : Descriptif de la population de l'expérience 1 :

	Patients (n = 19)	Contrôles (n = 19)
Sexe		
Garçons	8	7
Filles	11	12
Age		
Moyenne (écart-type)	9,73 (0,73)	9,68 (0,67)
Étendue	9ans - 11ans et 10 mois	9 ans – 11ans et 1mois
Main dominante		
Droite	17	19
Gauche	2	0

B. Matériel et Protocole :

Les parents de tous les participants ont signé une autorisation nous permettant de soumettre à leur enfant le protocole de recherche et stipulant la possibilité d'exploitation de ces résultats dans le cadre du mémoire d'orthophonie.

Les passations pour les dyslexiques se sont déroulées dans un des bureaux du cabinet d'orthophonie, au calme.

Les contrôles ont été testés durant le temps scolaire dans une salle silencieuse de l'école (salle informatique ou l'atelier d'arts plastiques).

La passation était individuelle pour tous les participants et le temps de passation oscillait entre 40 et 50 minutes en fonction de la vitesse d'exécution de chaque enfant.

L'ordre des épreuves a été le même pour tous les sujets pour éviter tout biais. La passation débutait par les épreuves de décision lexicale et de décision de mouvements qui constituent les stimuli principaux de l'expérience 1, puis continuait avec le questionnaire sur le caractère imaginable des mots, les épreuves de la WNV (Echelle Non Verbale d'intelligence de Wechsler, Wechsler & Naglier, 2009), les épreuves de langage écrit, et les épreuves de motricité et d'attention visuelle.

1. Stimuli principaux de l'expérience 1 :

▪ Epreuve de décision lexicale :

Cette épreuve de décision lexicale a été réalisée dans le cadre de l'étude de Vinel (2013) réalisée sur les adultes, sur laquelle nous avons basé nos hypothèses chez les enfants. Ce test était composé de 38 mots (19 noms et 19 verbes) sélectionnés à partir de la base de données lexicale : Lexique (New & Pallier, 2011) et de 38 pseudo-mots prononçables (19 pseudo-noms et 19 pseudo-verbes) construits à partir des mots choisis en ajoutant ou inversant une lettre. (cf. Annexe 2)

Les noms, au singulier, se référaient à des entités concrètes et imaginables sans association motrice spécifique (exemple : citron, bureau, bâtiment). Les verbes, tous à l'infinitif, désignaient des actions pouvant être réalisées avec les mains/bras, les jambes ou la bouche/visage (exemples : nager, écrire, sourire). Les mots pouvant correspondre aussi bien à un verbe qu'à un nom dans la langue française ont été exclus. Afin d'obtenir des variables lexicales pertinentes, les verbes et les noms étaient appareillés en nombre de lettres, en nombre de syllabes et en fréquence d'utilisation (**Tableau 2** ci-dessous) ; la fréquence d'utilisation du vocabulaire choisi étant vérifiée dans MANULEX, premier outil linguistique français qui fournit la fréquence d'occurrence de 1.9 million de mots trouvés dans les manuels scolaires du CP au CM2 (Lété, Sprenger-Charolles & Colé, 2004).

Tableau 2 : Appariement des verbes d'actions et des noms concrets :

	Noms	Verbes	t test
Fréquence Lexique	99,97 ± 94,98	64,59 ± 64,46	0,299 (NS)
Nombre de lettres	6,63 ± 1,06	6,68 ± 0,95	0,436 (NS)
Nombre de syllabes	2,26 ± 0,56	2,32 ± 0,48	0,379 (NS)

Les moyennes des fréquences d'utilisation des mots, du nombre de lettres, du nombre de syllabes sont rapportées. Un test de Student (t test) est ajouté et permet de valider l'appariement des verbes aux noms dans chacune des caractéristiques car $p > 0,05$. (NS) : Non Significatif.

Dans cette épreuve les mots et pseudo-mots étaient présentés aléatoirement au centre de l'écran sur un fond noir. Le participant devait juger si le mot qui s'affichait, appartenait à la langue française ou non. Dans le cas où le mot existait, l'enfant devait appuyer sur la touche P d'un clavier azerty (la touche A s'il était gaucher). Dans le cas où il jugeait que le mot

n'existait pas il devait appuyer sur la touche A du clavier (la touche P pour les gauchers). Les participants avaient pour consigne d'aller le plus rapidement possible.

▪ **Epreuve de décision de mouvements :**

Cette épreuve, comme l'épreuve de décision lexicale, a été créée dans le cadre de l'expérience sur les adultes. Elle est composée de plusieurs animations de type « point light display » en format AVI (Audio Video Interleave)². Quinze de ces animations représentaient des mouvements biologiques à l'aide de 13 points lumineux sur un fond noir, positionnés comme sur les différentes articulations du corps humain (la tête, les poignets, les coudes, les hanches, les genoux, les chevilles). A partir des mouvements biologiques initiaux, quinze pseudo-mouvements biologiques ont été créés. Ces animations gardaient une cinématique humaine mais chacun des points débutaient à une coordonnée spatiale aléatoire rendant le mouvement impossible à reconnaître (absence de forme globale cohérente).

Dans le cas des mouvements biologiques, les personnages étaient représentés de face, de profil ou de trois-quarts entraînant ainsi la disparition partielle ou totale de certains points au cours de l'animation. Ces disparitions entraînaient donc la visibilité simultanée de 7 à 13 points pendant les animations. Ces dernières représentaient :

- Une vue de profil d'un homme marchant vers la gauche sans translation (walk)
- Une vue de profil d'un homme courant vers la gauche sans translation (run).
- Une vue de profil d'un homme faisant des pompes (push up).
- Une vue de profil d'un homme marchant à 4 pattes vers la droite avec translation (crawl).
- Une vue de profil gauche d'un homme donnant un coup de pied gauche avec une légère rotation vers la droite (iatatex).
- Une vue de face d'un homme twistant (twist).
- Une vue de face d'un homme faisant la roue (cartweel).
- Une vue de face d'un homme sautant en écartant bras et jambes (jumping jack).
- Une vue de face d'un homme effectuant un coup de pied latéral à hauteur du bassin avec translation vers la gauche (karate kick).
- Un homme effectuant un lancer de baseball de la main droite avec pivotement sur le pied gauche (baseball throw).
- Une vue de trois-quarts droit d'un homme s'asseyant (sit down).

² AVI : format d'emballage conçu pour stocker des données audio et vidéo

- Une vue de trois-quarts droit d'un homme dansant (dancing).
- Une vue de trois-quarts droit d'un homme ramassant un objet en se penchant (pick up).
- Une vue de trois-quarts gauche d'un homme frappant du pied dans un ballon avec translation vers la droite (place kick).
- Une vue de trois-quarts gauche d'un homme poussant quelque chose sans mouvement de jambe (push).

L'ensemble des coordonnées nécessaires à l'élaboration des mouvements a été recueilli gratuitement sur le site internet : <http://astro.temple.edu/~tshipley/mocap/dotMovie.html>. Ces coordonnées correspondaient à des mouvements humains réels. En effet, les animations en point light résultent de l'enregistrement de mouvements humains fait à l'aide de capteurs placés sur les articulations et la tête d'un individu. Elles traduisent donc une dynamique normale du corps humain (voir Shipley & Brumberg, 2003 pour plus de détails sur les stimuli).

La création des animations à partir de ces coordonnées a été réalisée à l'aide du logiciel Matlab (<http://www.mathworks.com/>). Chaque stimulus a été placé au centre de l'écran et restait dans le champ de vision du sujet même en cas de translation.

Dans cette épreuve les mouvements biologiques et pseudo-mouvements étaient présentés aléatoirement au centre de l'écran. Le participant devait discriminer si le mouvement observé était un mouvement biologique ou un pseudo-mouvement. Dans le cas où le mouvement était biologique, l'enfant devait appuyer sur la touche P d'un clavier azerty (la touche A s'il était gaucher). Dans le cas où il jugeait que le mouvement n'était pas biologique, il devait appuyer sur la touche A du clavier (la touche P pour les gauchers). Les participants avaient toujours pour consigne d'aller le plus rapidement possible.

Procédure :

Les participants étaient placés à environ 50 cm d'un écran d'ordinateur et disposaient d'un clavier azerty placé devant eux et à une distance favorable à l'exécution de la tâche par pression des touches A ou P. Les participants gardaient les doigts sur ces touches (sans pression) afin de répondre le plus rapidement possible et que seul le temps de réaction soit mesuré en éliminant toute latence de réponse due au modèle expérimental. Les tâches de décision lexicale et de décision de mouvements étaient réalisées l'une après l'autre sans entraînement préalable et étaient introduites par une consigne écrite et orale. La présentation

des stimuli et l'enregistrement des réponses manuelles étaient sous le contrôle du logiciel E-prime (version 2.0, <http://www.pstnet.com/>).

L'ordre de présentation des deux tâches était contrebalancé : le logiciel proposait la décision lexicale puis la décision de mouvements aux participants ayant un numéro impair et la tâche de décision de mouvements puis la décision lexicale aux participants ayant un numéro pair.

Les stimuli lexicaux apparaissaient au centre de l'écran en police Courier New 26 points. Ils étaient précédés d'une croix de fixation durant 500 ms avant chaque mot. Les « point light displays » apparaissaient également au centre de l'écran voire légèrement excentrées en cas de translation, mais aucune croix de fixation ne les précédait.

Chaque stimulus était présenté durant au plus 5 secondes. Si aucune réponse n'était donnée par le participant dans ce laps de temps, l'essai suivant apparaissait. Les réponses devaient donc être données le plus rapidement possible, et si possible avant la fin des animations dans le cas de la tâche de décision de mouvements. L'expérience avait une durée moyenne de 10 minutes. La procédure expérimentale est résumée dans la **Figure 1**.

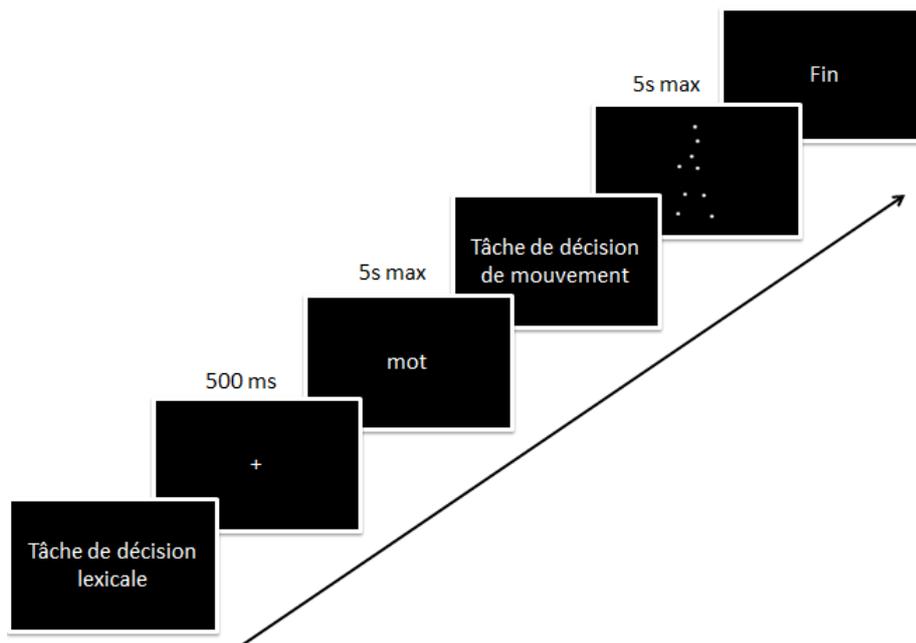


Figure 1: Procédure expérimentale

Ici est présenté un modèle de passation pour un sujet n° « impair ». Les deux tâches de l'expérience commencent par une consigne indiquant le mode de réponse aux stimuli. Ces consignes écrites sont accompagnées d'explications orales complémentaires prodiguées par l'expérimentateur. Au cours de la tâche de décision lexicale, une croix de fixation apparaît pendant 500ms au centre de l'écran avant chaque mot. Les sujets doivent répondre le plus rapidement possible aux stimuli selon les consignes données. En cas d'absence de réponse au cours des 5s après l'apparition du stimulus, aucune réponse n'est enregistrée et l'essai suivant apparaît. La tâche de décision de mouvements se déroule de la même manière à l'exception de l'absence de la croix de fixation.

2. Evaluations complémentaires :

▪ Questionnaire sur le caractère imaginable des mots:

Ce questionnaire contenait les mots composant l'épreuve de décision lexicale précédemment décrite. Le participant devait juger la qualité de sa capacité à se représenter mentalement les mots quand il les lit. Il devait ainsi, pour chaque mot lu, entourer la réponse qui caractérisait le mieux sa façon de l'imaginer parmi les propositions : « très facilement », « facilement », « moyennement », « difficilement » ou « très difficilement ». (cf. Annexe 3)

Il était important dans notre étude de prouver qu'aucune différence n'existait entre les noms et les verbes sur leur caractère imaginable, en montrant surtout que les verbes n'étaient pas plus imaginables que les noms. Dans le cas inverse, en cas de corrélation entre la lecture de verbes et la perception des mouvements, nous pourrions nous demander si la cause de la corrélation était, comme nous voulons le croire, un lien développemental entre langage écrit et motricité ou plutôt une plus grande capacité des enfants à imaginer les verbes que les noms.

▪ Forme courte de la WNV :

La WNV est un instrument clinique d'évaluation cognitive créée par Weschler et Naglier en 2009. La spécificité de cette échelle se trouve dans son administration non verbale. Les consignes peuvent être expliquées à l'aide d'images accompagnées de gestes. La forme courte est composée de 2 subtests :

- Les Matrices : le sujet observe une matrice incomplète et sélectionne l'image qui manque parmi 4 réponses proposées, pour compléter la matrice. (cf. Annexe 4) Ce subtest met en jeu le raisonnement fluide, le raisonnement perceptif et les processus de simultanéité.
- La mémoire spatiale : L'examineur dispose d'une planche sur laquelle sont disposés 10 cubes. (cf. Annexe 5) Il touche successivement les cubes dont le nombre augmente au fur et à mesure de l'épreuve. Le sujet doit reproduire cette séquence dans le même ordre puis dans un autre temps dans l'ordre inverse. Ce subtest fait appel à la mémoire à court terme et à la mémoire de travail à partir de stimuli visuo-spatiaux.

La WNV nous a permis de contrôler le QI non verbal des participants et de s'assurer qu'il n'y ait pas chez ces derniers une éventuelle déficience intellectuelle associée.

▪ **Epreuves de langage écrit :**

Ces épreuves étaient composées d'une épreuve de leximétrie : l'Alouette (Lefavrais, 1965) et de l'épreuve de lecture de mots réguliers, irréguliers et de pseudo-mots de basse fréquence de la BALE : Batterie analytique du langage écrit (Jacquier-Roux, Lequette, Pouget, Valdois & Zorma, 2010) qui est une batterie gratuite mise à disposition par les laboratoires de cognosciences et des sciences de l'éducation de Grenoble.

- L'Alouette : Il s'agit d'un test de lecture qui permet d'évaluer la précision et la vitesse de lecture. Il consiste à lire un texte à haute voix, le mieux possible et dans un temps restreint de 3 minutes. Ce texte n'a pas vraiment de sens et aucune question n'est posée après la lecture. (cf. Annexe 6). Un débat existe sur la cotation à utiliser. En effet, il en existe deux : celle d'origine qui est construite à partir d'une population des années 70 et qui donc peut être considérée comme obsolète, et une récente cotation qui n'a été menée que sur population restreinte. Nous avons choisi la cotation la plus récente car les résultats y sont exprimés en écarts-types et sont donc plus facilement comparables aux autres résultats de l'expérience. Dans l'ancienne cotation les résultats étaient exprimés en âge de développement.

- Lecture de mots et de pseudo-mots peu fréquents de la BALE : La BALE est un outil de diagnostic et de suivi des enfants dyslexiques. Ce subtest est utilisé par les orthophonistes pour confirmer le déficit en lecture et estimer l'efficacité de chacune des procédures de lecture. L'enfant doit lire trois listes de mots réguliers, irréguliers et de pseudo-mots (cf. Annexe 7) le mieux et le plus rapidement possible. Il est chronométré et les erreurs commises sont notées par l'examineur.

Dans notre étude ces épreuves de lecture nous ont permis de vérifier la présence de troubles de la lecture chez les dyslexiques et leur absence chez les contrôles.

▪ **Epreuves de motricité :**

Ces épreuves sont tirées de la M-ABC : La Batterie d'Evaluation du Mouvement chez l'enfant (Andersen & Sugden, 2004) qui est l'adaptation française du Movement ABC de Soppelsa & Albaret (1992). Cette batterie est un outil de référence pour l'évaluation du développement psychomoteur et des capacités psychomotrices des enfants de 4 à 12 ans.

Nous avons sélectionné dans cette batterie, une épreuve de dextérité manuelle et une épreuve d'équilibre statique :

- Le tracé de la fleur : L'enfant doit suivre avec un stylo, le tracé de la fleur que lui donne l'examineur (cf. Annexe 8)
- Test d'équilibre statique : Les participants ayant entre 9 et 10 ans devaient placer un de leur pied sur une planche dont la base est volontairement plus étroite et lever l'autre pied de sorte qu'il ne soit plus en contact avec le sol (cf. Annexe 9). Nous avons chronométré le temps passé en équilibre, et les avons arrêtés au bout de 20 secondes tenues sans poser pied à terre. Les participants de 11 ans devaient également tenir l'équilibre mais sur deux planches, un pied devant l'autre (cf. Annexe 10). Nous les arrêtons au bout de 30 secondes. Tous les participants bénéficiaient de deux essais par pied avant le lancement du chronomètre.

▪ **Epreuve d'attention visuelle :**

- Le test de barrage des cloches de la BALE : La BALE contient des épreuves qui couvrent un large éventail des fonctions langagières mais aussi des fonctions cognitives. Dans l'épreuve de barrage des cloches, l'enfant a 2 minutes pour barrer dans une planche de dessins (cf. Annexe 11) le plus de cloches possible.

Cette épreuve nous a permis de déceler d'éventuels troubles de l'attention visuelle chez tous les participants, qui pourraient représenter un biais dans les résultats de la corrélation entre lecture et perception de mouvements et de comparer les capacités en attention visuelle des dyslexiques à celles des contrôles.

V. Analyses des données :

L'analyse des données s'est faite grâce au calcul d'ANOVAs (Analysis of variance) pour les tâches de décision lexicale et de décision de mouvements. Les ANOVAs étaient notamment calculées pour les variables : VAR calculant la significativité de la différence des performances des deux groupes de participants (dyslexiques et contrôles), CATEGORIE calculant la significativité de la différence entre les performances en décision lexicale de noms et celles en décision lexicales de verbes, et TYPE calculant la significativité de la différence entre les performances des participants face à des stimuli réels et celles face à des stimuli non réels.

Nous avons aussi eu recours à des tests de Student indépendants pour comparer les 2 groupes de participants (dyslexiques et contrôles) dans les épreuves complémentaires.

VI. Analyse des résultats de l'expérience 1 :

A. Comparaison des deux groupes aux évaluations complémentaires :

1. Le caractère imaginable des mots :

L'analyse des réponses au questionnaire concernant le caractère imaginable des mots ne montre aucune différence entre le caractère imaginable des noms et des verbes, que ce soit pour les dyslexiques ($t(17) = 0.82$; $p = 0.41$), que pour les contrôles ($t(17) = 0.62$; $p = 0.54$).

2. Epreuves de langage :

Les résultats et les tests statistiques ont montré sans surprise que les enfants dyslexiques ont moins réussi les épreuves de langage écrit que les contrôles. (**Tableau 3** ci-dessous dans lequel figurent les résultats des enfants dyslexiques et ceux des contrôles et les résultats du test Student). En effet, en précision de lecture ($t(36) = 6.77$; $p < .01$), en vitesse de lecture ($t(36) = 7.03$; $p < .01$), en lecture de mots réguliers ($t(36) = 4.54$; $p < .01$), en lecture de mots irréguliers ($t(36) = 4.35$; $p < .01$) et en lecture de pseudo-mots ($t(36) = 3.45$; $p < .01$), les enfants dyslexiques sont significativement moins performants.

Tableau 3: Résultats moyens et écarts-types entre patients et contrôles aux épreuves de langage

Variables mesurées	Moyenne et écart-type Patients (n=19)	Moyenne et écart-type Contrôles (n=19)	Significativité
Précision de lecture (CM)	-2,28 (1,4)	0,14 (0,73)	t(36)=6.77 ; p<0.01* ³
Vitesse de lecture (CTL)	-1,46 (0,77)	0,50 (0,99)	t(36)=7.03 ; p<0.01*
Lecture de mots réguliers	-2,33 (2,66)	0,40 (0,73)	t(36)=4.54 ; p<0.01*
Lecture de mots irréguliers	-1,931 (2,37)	0,56 (1,02)	t(36)=4.35 ; p<0.01*
Lecture de pseudo-mots	-1,7 (2,75)	0,40 (0,78)	T(36)= 3.45 ; p<0.01*

3. Epreuves de la WNV :

Tableau 4: Résultats et écarts significatifs entre les deux groupes aux épreuves de la WNV

Variables mesurées	Moyenne et écart-type Patients (n=21)	Moyenne et écart-type Contrôles (n=36)	Significativité
Matrices	19,47 (2,69)	20,05 (4,11)	ns ⁴
Empan endroit	5,37 (0,59)	6,16 (0,76)	t(36)= 3.79; p<0.01
Empan envers	4,63 (1,06)	5,63 (1,34)	t(36)=2.82 ; p<0.05
QI non verbal	52 (20)	72,42 (21.3)	t(36)=3.23 ; p<0.01

On n'observe dans le **Tableau 4** ci-dessus aucune différence significative entre les deux groupes pour le subtest « Matrices ». Cependant, les dyslexiques sont significativement moins performants en mémoire immédiate (t(36)=3.79; p < .01) et en mémoire de travail (t(36)=2.82; p < .05) que les sujets contrôles, du moins ici dans une modalité visuo-spatiale. Ces résultats entraînent donc une différence significative, au profit des contrôles, au niveau de l'indice de QI non verbal global (t(36)=3.23; p < .01).

³ (* : p significatif)

⁴ (ns : non significatif)

4. Epreuves de motricité et d'attention visuelle :

Aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes dans les épreuves de motricité et d'attention visuelle. (**Tableau 5** ci-dessous)

Tableau 5: Résultats et écarts significatifs entre les deux groupes aux épreuves de motricité et d'attention visuelle :

Variabiles mesurées	Moyenne et écart-type Patients (n=19)	Moyenne et écart-type Contrôles (n=19)	Significativité
Equilibre jambe dominante	1,66 (1.35)	1,65 (1.4)	ns ⁵
Motricité fine	0,52 (1.18)	0,50 (0.36)	ns
Attention visuelle	-0,39 (0.77)	-0,03 (0.8)	ns

B. Calcul de la corrélation entre les tâches de perception de mouvements biologiques et de décision lexicale :

Les corrélations calculées grâce au r de Pearson n'ont été calculées que pour les temps de réponses aux décisions lexicales et décisions de mouvements. Elles nous ont permis d'aborder les liens entre les capacités de lecture et de décision lexicale et les capacités de perception et de discrimination des mouvements biologiques des enfants tout-venants et des dyslexiques. D'après les résultats sur les adultes, nous nous attendions à une corrélation entre la perception des mouvements biologiques et la décision lexicale de verbes. Nous sous-entendions que ces deux tâches appelaient des processus semblables de représentations sensori-motrices sous-tendues par le système miroir.

Un résultat intéressant est, tout d'abord, que pour les deux groupes, le temps de réponse pour les noms corrèle à celui pour les verbes : pour les contrôles ($r = 0.80$; $p < .01$) et pour les dyslexiques ($r = 0.93$; $p < .01$) ; ce qui confirme bien que l'analyse des noms et des verbes partagent des caractéristiques communes en tant que mots.

⁵ (ns : non significatif)

1. Chez les contrôles :

Les résultats ont révélé une corrélation tendancielle entre les temps de réponses à la reconnaissance d'un mouvement biologique et ceux à la reconnaissance des verbes ($r = 0.27$; $p = 0.09$). Ces résultats ne sont pas aussi clairs que chez les adultes chez qui la corrélation était significative.

Aucune corrélation n'a été observée entre les temps de reconnaissance du mouvement biologique et le temps de lecture des noms ($r = 0.25$; $p=0.13$).

2. Chez les dyslexiques :

Aucune corrélation n'a été trouvée chez les enfants dyslexiques entre la reconnaissance des mouvements biologiques et la reconnaissance des mots : entre perception de mouvement et lecture de noms ($r = 0.17$; $p=0.31$) et entre perception de mouvements et verbes ($r = 0.16$; $p=0.33$).

C. Comparaison des deux groupes aux stimuli principaux :

1. Tâche de décision lexicale :

- En termes de bonnes réponses :

Les résultats ont révélé que les enfants dyslexiques sont moins performants que les contrôles dans la tâche de décision lexicale ($F(1,36)=6.634$; $p < 0.05$). Ces résultats sont visibles dans la **Figure 2** ci-dessous. De plus, les ANOVAs réalisées ont révélé un effet significatif de la variable « catégorie » chez tous les participants et également un effet significatif de la variable « type » chez tous les participants. Ces données indiquent que les enfants ont plus de difficultés dans la décision lexicale de verbes que dans la décision lexicale de noms ($F(1,36)=52.27$; $p < 0.05$), et que tous les enfants ont plus de mal à juger qu'un pseudo-mot n'appartient pas à la langue française que de juger qu'un vrai mot appartient à la langue française ($F(1,36)=12.69$; $p < 0.05$). Aucune interaction entre les variables n'a par ailleurs été observée.

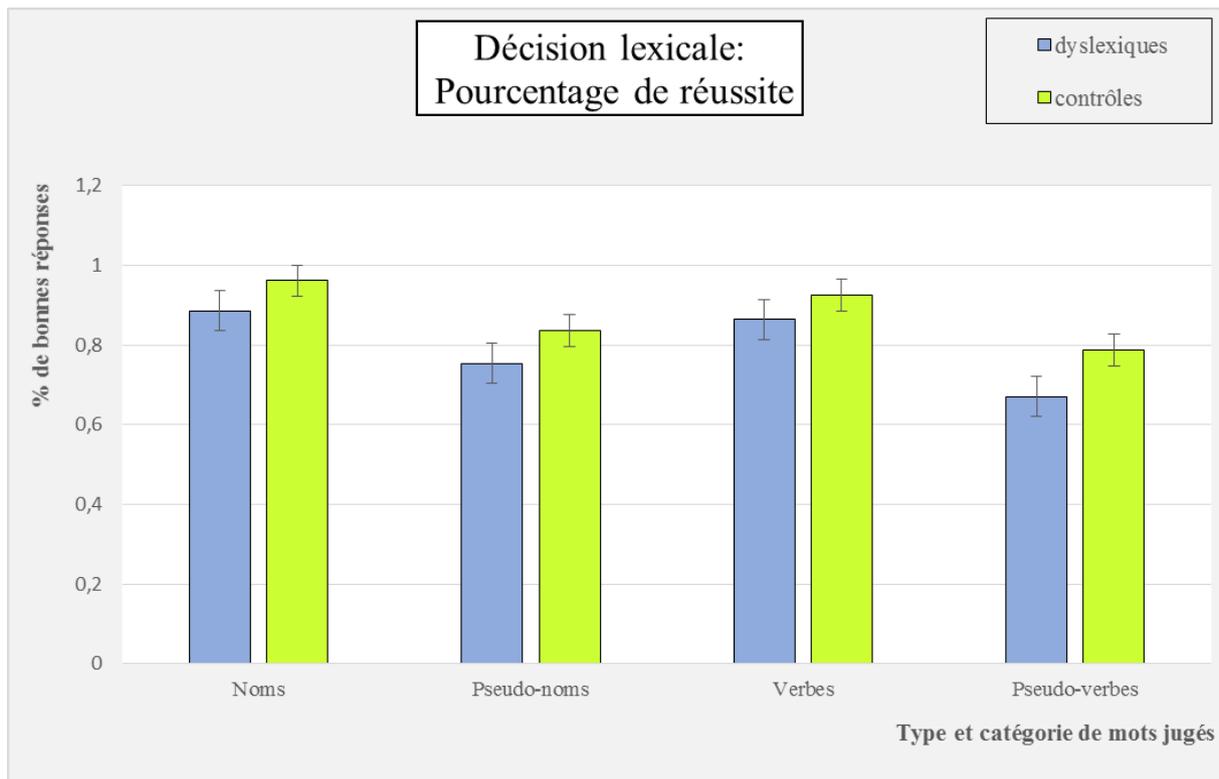


Figure 2: Comparaison des pourcentages de bonnes réponses des deux groupes en décision lexicale

- En termes de temps de réponses :

Dans la **Figure 3** ci-dessous des différences apparaissent entre les dyslexiques et les contrôles. Les dyslexiques mettent plus de temps que les contrôles dans la tâche globale de décision lexicale ($F(1,36)=24.68$; $p < 0.05$). De plus, nous observons, chez tous les sujets, un effet du type de stimuli avec des temps de réaction plus importants pour les pseudo-mots que pour les mots ($F(1,36)=144.90$; $p<0.001$). Enfin, nous obtenons une interaction entre les variables : type et catégorie révélant une différence importante entre les performances des dyslexiques et des contrôles dans le jugement de pseudo-mots. Les dyslexiques mettent plus de temps que les contrôles à juger qu'un pseudo-mot n'existe pas ($F(1,36)=8.61$; $p < 0.05$). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les difficultés de lecture des dyslexiques les ralentissent dans le déchiffrage des pseudo-mots et augmentent le délai de décision lexicale pour les pseudo-mots (la dyslexie est la plupart du temps un déficit de la voie d'assemblage impliquée dans le déchiffrage des pseudo-mots ou des mots non familiers).

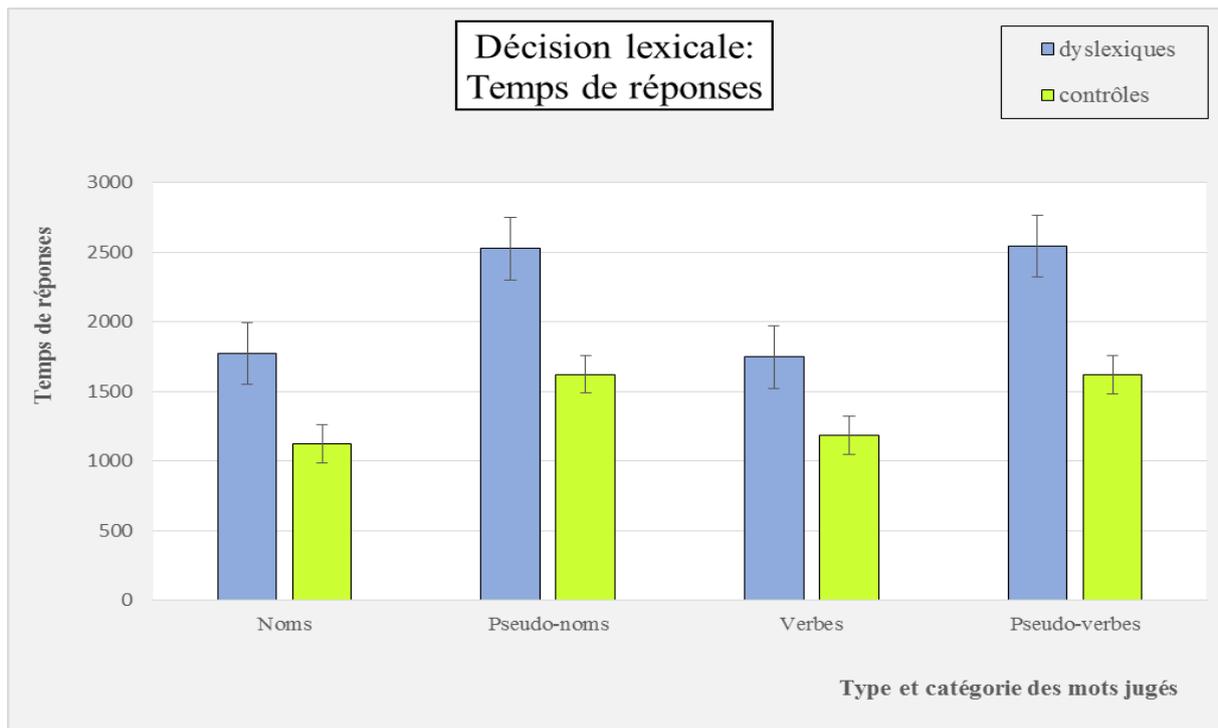


Figure 3: Comparaison des temps de réponses des deux groupes en décision lexicale

2. Tâche de décision de mouvements :

Que ce soit en termes de bonnes réponses ou de temps de réponses, les enfants dyslexiques sont significativement moins performants que les contrôles dans la tâche de décision de mouvements (**Figures 4 et 5 ci-dessous**). Pour les temps de réponses ($F(1,36)=4.99$; $p < 0.05$) et pour les bonnes réponses ($F(1,36)=8.82$; $p < 0.05$). Enfin, il n'y a pas d'effet de la variable catégorie : les dyslexiques comme les contrôles mettent plus de temps à juger qu'un pseudo-mouvement n'existe pas que de juger qu'un mouvement biologique existe.

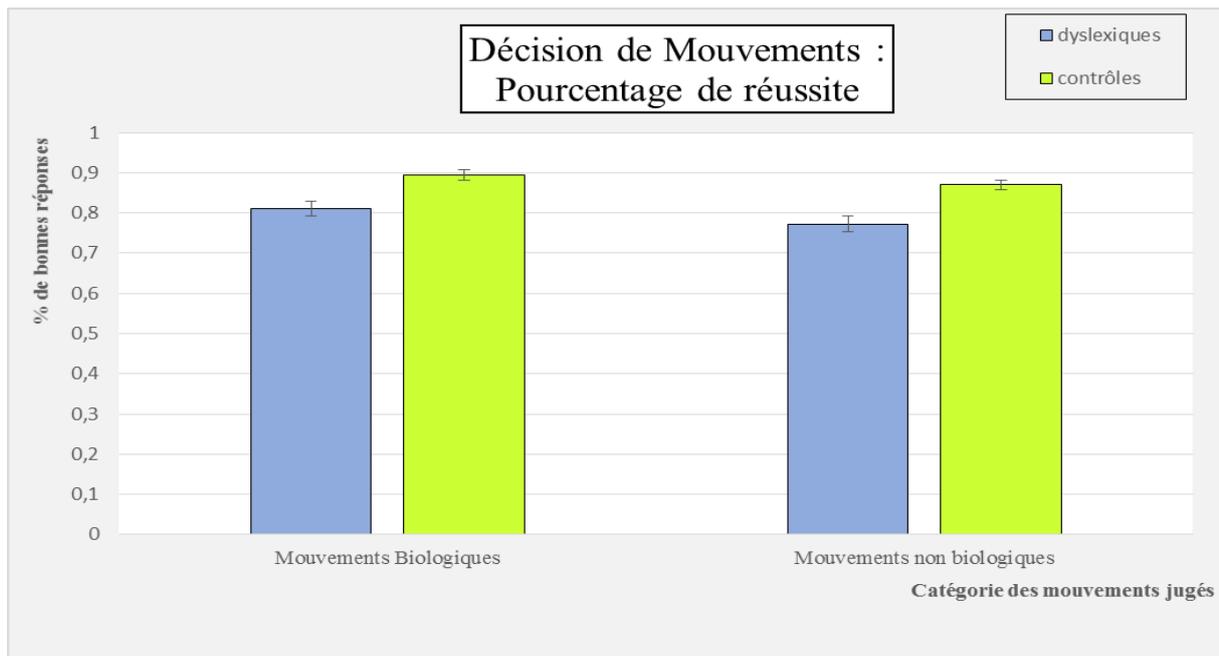


Figure 4: Comparaison des pourcentages de réussite des deux groupes en décision de mouvements

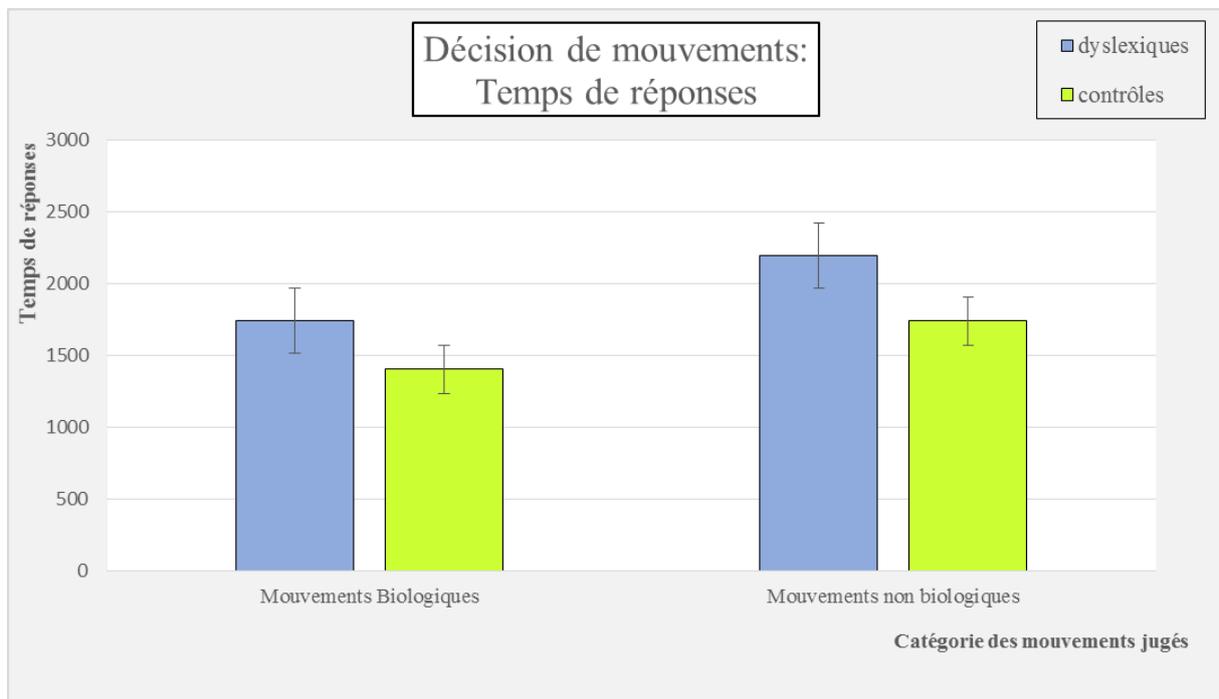


Figure 5 : Comparaison des temps de réponses des deux groupes en décision de mouvements

VII. Discussion

A. Interprétation des résultats et réponses aux hypothèses

Cette première partie avait pour objectif principal de révéler, chez les enfants tout-venants et les enfants dyslexiques, la corrélation trouvée chez les adultes dans l'étude de Vinel (2013), entre la perception des mouvements biologiques et la lecture de verbes. Ainsi nous voulions démontrer que les verbes, comme l'ont décrit Boulenger et al., (2008), représentent une entité particulière activant simultanément le système linguistique et le système moteur. Le lien entre perception de mouvements et lecture de verbes serait supporté par le système miroir. Aziz-Zadeh et al., (2006) ont prouvé que le système miroir permettait la reconstitution des représentations sensori-motrices propres à l'exécution d'actions durant non seulement l'observation d'actions mais aussi la lecture de verbes ou de phrases-actions.

La corrélation trouvée chez l'adulte a révélé que lorsqu'une personne a de bonnes capacités de perception de mouvements biologiques elle en a d'aussi bonnes en lecture de verbes. Ce qui lierait ces deux capacités serait le système miroir dont la fonction principale est de faire le lien entre l'exécution de l'action et l'observation et de créer des représentations sensori-motrices qui constituent par la suite le concept qui se cache derrière un verbe d'action.

Les résultats que nous avons obtenus dans l'expérience 1 de cette étude, n'ont pas révélé la corrélation entre lecture de verbes et perception de mouvements biologiques chez les enfants (dyslexiques et normo-lecteurs). Cependant, chez les enfants tout-venants, si la corrélation n'est pas significative, elle tend à l'être ($p=0.09$). Le fait que la corrélation soit significative chez les adultes et juste tendancielle chez les enfants normo-lecteurs laisse penser que la fonction du verbe, qui est de faire le lien entre le langage et la motricité, n'est pas innée et qu'elle se construit durant toute la période de l'enfance jusqu'à l'âge adulte. Il serait peut-être intéressant, pour confirmer ces suppositions de réaliser une étude cherchant cette même corrélation, avec le même protocole de recherche, chez des adolescents sains. Il serait intéressant de trouver une corrélation chez l'adolescent plus forte que chez l'enfant mais moins importante que celle trouvée chez l'adulte. Cette idée que le lien ne soit pas inné est certes en légère contradiction avec les résultats d'Harai et Hiraki (2005) prouvant que les circuits neuronaux engagés dans le traitement de la perception des mouvements commençaient à être matures dès le jeune âge de 8 mois ou encore avec ceux de Cuvellier

(2013) qui démontraient un lien étroit entre langage oral et discrimination de mouvements biologiques chez des enfants dysphasiques de 9 et 10 ans.

Cependant, nos résultats ne sont pas totalement incompatibles avec leurs conclusions respectives. En effet, selon les résultats de l'expérience 1, c'est le lien qui unit perception de mouvements biologiques et lecture de verbes qui n'est pas acquis dès le plus jeune âge. Nous pouvons supposer que les deux capacités se construisent indépendamment l'une de l'autre et se relient progressivement durant la croissance, par maturation du système miroir. Quant au langage oral, il précède le développement du langage écrit et le lien qui l'unit à la capacité innée de perception de mouvements biologiques serait donc logiquement plus précoce.

L'expérience 1 devait également vérifier l'hypothèse selon laquelle, les enfants dyslexiques étaient moins performants que les enfants typiques dans la tâche de perception de mouvements biologiques. Les résultats ont bien confirmé cette hypothèse en révélant une comorbidité patente en perception des mouvements biologiques, chez les enfants dyslexiques. Ces résultats nous laissent penser que le développement atypique du système langagier de ces enfants, influence négativement le développement du système miroir qui serait moins performant que celui des enfants normo-lecteurs.

Dans un autre temps, grâce aux épreuves complémentaires, les résultats de l'expérience 1 ont vérifié que les enfants dyslexiques étaient moins performants que les enfants tout-venants en lecture et qu'ils ne présentaient pas de déficience en termes de QI non verbal. Mais surtout les résultats ont confirmé les idées de Borel-Maisonny (1960) et de Reid & Veubret (2010) qui décrivaient chez les dyslexiques, des comorbidités mnésiques. En effet selon nos résultats, les dyslexiques ont significativement plus de difficultés que les enfants typiques, en mémoire immédiate et en mémoire de travail, dans la modalité visuo-spatiale.

Que ce soit pour la mémoire ou pour la perception des mouvements biologiques, l'expérience 1 aura permis de confirmer les hypothèses de la théorie magnocellulaire de Stein et Walsh (1997) selon laquelle les troubles du langage écrit dans la dyslexie, ne sont pratiquement jamais isolés et qu'ils sont en lien avec des troubles touchant les systèmes moteur, miroir ou encore mnésique que l'on crut longtemps indépendants du système langagier. A l'instar de Chaix et al., (2007), nous nous demandons désormais si les troubles associés entretiennent un lien de causalité avec le trouble majeur du langage écrit ou s'il s'agit simplement de comorbidités indépendantes.

De plus, si comme nous le supposons, le système miroir est moins performant chez les dyslexiques que chez les normo-lecteurs, il serait intéressant d'explorer les capacités

d'imitation et de communication non-verbale des enfants dyslexiques, qui sont deux des fonctions du système miroir. Menghini et al., (2011) ont déjà démontré que les enfants dyslexiques avaient plus de difficultés que les contrôles à apprendre une séquence visuo-motrice par une simple observation. Selon ces auteurs, les enfants dyslexiques auraient davantage besoin de passer par une étape d'exécution pour apprendre, que les enfants tout-venants.

Dans une démarche orthophonique ce dernier point est très intéressant car il envisage de privilégier l'expérimentation, le « faire soit même » pour favoriser l'apprentissage. Aussi il est important d'apprendre que les enfants dyslexiques ont souvent des difficultés associées en mémoire et en perception de mouvements. Comme l'avaient conclu Finlay & McPhillips, (2013), le diagnostic et la prise en charge orthophoniques doivent bien sûr se concentrer sur le trouble principal de l'enfant, mais aussi déceler et renforcer les compétences complémentaires sur lesquelles il va s'appuyer toute sa vie pour compenser sa dyslexie.

Pourrait-on améliorer les capacités en perception de mouvements biologiques des enfants dyslexiques et cette amélioration pourrait-elle accroître les capacités de lecture de verbes des enfants dyslexiques? C'est la question que nous nous sommes posée dans la deuxième partie de cette étude.

Expérience 2 : Tentative de rééducation de la lecture de verbes grâce à l'observation de mouvements biologiques :

VIII. Problématique et Hypothèses

A. Problématique :

Les résultats de l'expérience 1 ont révélé des difficultés en perception de mouvements biologiques plus importantes chez les enfants dyslexiques que chez les enfants de même âge n'ayant pas de trouble de la lecture. D'autre part, nous n'avons pas trouvé chez les enfants (dyslexiques ou tout-venants) de corrélation significative entre la lecture de verbes et la perception de mouvements biologiques, que l'expérience précédemment réalisée chez les adultes avait révélée.

Nous nous sommes demandés dans l'expérience 2, si dans le cadre d'une rééducation orthophonique, nous pouvions améliorer la lecture des verbes des enfants dyslexiques en passant par un entraînement liant la lecture de verbes et l'observation des mouvements biologiques correspondants en animations de type « point light display ». Nous avons comparé cet entraînement à un entraînement associant la lecture de verbes et l'observation d'images statiques. En effet, les images statiques sont fréquemment utilisées pour rééduquer le langage écrit ou oral. Nous nous sommes demandés si le mouvement en dynamique pouvait apporter un plus dans la rééducation de la lecture de verbes.

B. Hypothèses :

Nos hypothèses étaient :

H1 : L'entraînement par association de la lecture de verbes et l'observation des actions correspondantes améliore les performances en décision lexicale de verbes des enfants dyslexiques.

H2 : Les participants généralisent leurs compétences nouvelles à des stimuli différents de ceux utilisés pour l'entraînement dans les tâches de décision lexicale (verbes + noms) et de décision de mouvements (de l'expérience 1)

H3 : L'entraînement par association de la lecture de verbes et l'observation des actions correspondantes permet de créer la corrélation entre lecture de verbes et perception des mouvements.

H4 : L'observation des mouvements en images dynamiques associée à la lecture de verbes améliore les performances des enfants dyslexiques de façon significativement plus importante que l'observation des mouvements en images statiques. Le caractère dynamique des point light displays apporte un plus à la rééducation orthophonique de la lecture.

Confirmer ces hypothèses permettrait de prouver d'une autre manière, que les capacités en perception de mouvements et celles en lecture de verbes sont corrélées par des représentations sensori-motrices communes régies et créées par le système miroir, lors de l'observation d'action et l'apprentissage de la lecture. Ceci étayerait les résultats déjà trouvés dans la littérature et décrits précédemment dans l'introduction théorique.

IX. Matériel et Méthode :

A. Population :

Nous avons mené cette deuxième expérience sur 6 enfants dyslexiques répartis en 2 groupes. Deux filles et un garçon dans chaque groupe, âgés entre 9 et 11 ans (**Tableau 6** ci-dessous). Cinq d'entre eux avaient participé à l'expérience 1 et un est entré dans le protocole au cours de l'expérience 2. Les résultats aux épreuves de décision lexicale et de décision de mouvements récoltés durant l'expérience 1 ont été réutilisés lors de l'expérience 2, afin de pouvoir comparer les compétences des enfants dyslexiques avant et après l'entraînement. Pour le sujet n'ayant pas participé à l'expérience 1, nous lui avons fait passer les deux épreuves en questions avant le début de l'entraînement.

Tableau 6: Descriptif de la population de l'expérience 2

	Filles	Garçons
Nombre	4	2
Age étendue	9 ans 5mois -11ans 5mois	10ans 1mois – 10ans10mois
Age moyenne	10.25 ans	10 ans
Droitier	4	1
Gaucher	0	1

B. Procédure :

1. Épreuve préalable : Décision lexicale de verbes :

Tous les participants ont, avant l'entraînement, passé une épreuve de décision lexicale composée de 8 verbes (lancer, ramasser, courir, s'asseoir, sauter, pousser, danser, et marcher), choisis pour leur capacité à être représentés en point light displays, et 8 pseudo-verbes (lancir, remasser, caurir, s'assir, sater, pausser, deser, morcher) créés à partir des verbes en ajoutant, remplaçant et/ou retirant une lettre. Ces pseudo-verbes devaient être prononçables, et visuellement proches des verbes d'origine.

Comme dans l'épreuve de décision lexicale de l'expérience 1, les verbes et pseudo-verbes étaient présentés aléatoirement au centre de l'écran sur un fond noir. Le participant devait juger si le mot qui s'affichait, appartenait à la langue française ou non. Dans le cas où le mot existait, l'enfant devait appuyer sur la touche P d'un clavier azerty (la touche A s'il était gaucher). Dans le cas où il jugeait que le mot n'existait pas il devait appuyer sur la touche A du clavier (la touche P pour les gauchers). Les participants avaient pour consigne d'aller le plus rapidement possible.

2. L'entraînement :

Les enfants dyslexiques ont été suivis dans le cadre de leur séance orthophonique hebdomadaire durant 4 semaines. Les 4 semaines d'entraînement n'ont malheureusement pas été successives pour 3 des participants faisant habituellement une pause dans leur rééducation orthophonique durant les vacances scolaires. L'activité occupait la première moitié de leur séance de 30 minutes. Quinze minutes étaient donc consacrées à entraîner les participants à faire le lien entre les représentations linguistiques des actions par la lecture de verbes et les représentations sensori-motrices créées par l'observation de ces actions en animations de type « point light displays » ou en images statiques.

Pour prouver l'importance du caractère dynamique des animations en points lumineux dans la rééducation de la lecture de verbes, nous avons réparti les participants en deux groupes. Pour les participants du groupe 1, les verbes : « lancer », « ramasser », « courir », et « s'asseoir » ont été associés aux animations de type « point light display » et les verbes : « sauter », « pousser », « danser », et « marcher » ont été associés aux actions en images statiques (cf. Annexe 12). Pour les participants du groupe 2, les verbes « lancer », « ramasser », « courir », et « s'asseoir » étaient associés à des images statiques et les verbes

« sauter », « pousser », « danser », et « marcher » étaient associés à des animations de type « point light display ». De cette façon nous avons écarté tout biais possible impliquant la fréquence des verbes ou leur régularité.

Pour rendre ludique l'activité, 4 jeux (un jeu différent à chaque séance) ont été imaginés pour soutenir l'exercice d'association de la lecture du verbe à l'observation du mouvement :

Jeu 1 :

- Matériel :
 - 24 cartes-verbes (3 par verbe, cf. Annexe 13) étalées face cachée sur la table.
 - un dé à 3 faces
- But : gagner le maximum de cartes-verbes, sachant que les triples valent 9 points et les doubles valent 4 points. Le joueur ayant le maximum de points à la fin de la partie a gagné.
- Principe : Lancer le dé et retourner le nombre de cartes-verbes indiqué sur le dé. Pour chaque carte gagnée l'enfant doit lire le verbe puis observer attentivement l'animation en point light ou l'image statique de l'action correspondante.

Jeu 2 :

- Matériel :
 - 24 cartes-verbes étalées face cachée sur la table.
 - 24 cartes du jeu du commerce Bazar Bizarre (cf. Annexe 14) placée face cachée sur les cartes-verbes.
 - Un objet du jeu Bazar Bizarre (cf. Annexe 15) par personne (souris grise, fantôme blanc, livre bleu, bouteille verte)
- But : Gagner le maximum de cartes-verbes sachant que, les triples valent 9 points et les doubles valent 4 points. Le joueur ayant le maximum de points a gagné.
- Principe : L'enfant commence, il retourne une carte « bazar bizarre », si sur celle-ci il y a l'objet qu'il a choisi et qu'il est de la même couleur, il pourra rejouer. Dans un deuxième temps, il retourne la carte-verbe qui était sous la carte « bazar bizarre », lit attentivement le verbe et observe soit l'image soit le mouvement correspondant. Enfin, soit l'enfant rejoue soit c'est au tour de son adversaire. Quand c'est l'orthophoniste

qui joue c'est quand même l'enfant qui lit et observe l'action. Ainsi l'enfant lit et observe trois fois chaque verbe par séance.

Jeu 3 :

- Matériel :
 - 24 cartes-verbos étalées face visible sur la table.
 - 6 caches de 6 couleurs différentes (cf. Annexe 16) placés sur 6 des cartes-verbos.
 - 1 dé à 6 faces de couleurs différentes.

- But : Gagner le maximum de cartes-verbos sachant que, les triples valent 9 points et les doubles valent 4 points. Le joueur ayant le maximum de points à la fin de la partie a gagné.

- Principe : L'enfant lance le dé et tombe sur une couleur. L'orthophoniste donne la consigne « attention sois attentif, je vais te montrer très furtivement le verbe qui se cache en-dessous ». L'orthophoniste lève et repose le cache le plus rapidement possible, et pousse ainsi l'enfant à une lecture rapide du verbe qui est suivie de l'observation du mouvement ou de l'image statique correspondant à l'action. Si l'enfant a bien lu il gagne la carte-verbe.

Jeu 4 :

- Matériel :
 - 24 cartes-verbos à gagner.
 - Le jeu de cartes du commerce Caméléon (cf. Annexe 17) sur lesquelles on trouve différentes couleurs de fond, différents personnages, différents nombres. Ces cartes « caméléon » constituent une pioche.
 - Un jeton joker (face qui rit, face qui pleure) (cf. Annexe 17)

- But : Gagner le maximum de cartes-verbos sachant que, les triples valent 9 points et les doubles valent 4 points. Le joueur ayant le maximum de points à la fin de la partie a gagné.

- Principe: Chaque joueur a trois cartes « caméléon » devant lui face visible. Pour gagner les cartes-verbos il faut que le joueur ait au moins deux cartes « caméléon » ayant un critère commun (soit la même couleur de fond, soit le même personnage, soit le même nombre). Plus il a de cartes « caméléon » ayant un critère en commun, plus il gagne de cartes-verbos. Toutes les cartes « caméléon » utilisées pour gagner les cartes-verbos sont remplacées à la fin de chaque tour. Si sur ses trois cartes « caméléon », aucun critère commun n'est trouvé, le joueur peut lancer le jeton joker. S'il tombe sur la face qui rit, il peut remplacer une de ses cartes « caméléon », sinon il passe son tour et remplace toutes ses cartes « caméléon ». Le jeu s'arrête dès qu'il n'y a plus de cartes-verbos à gagner.

3. Epreuves après entraînement:

A la fin des quatre semaines d'entraînement nous avons reproposé aux participants l'épreuve de décision lexicale de verbos de l'expérience 2. Ceci dans le but d'observer d'éventuelles améliorations des performances des participants en lecture des verbos entraînés, et de confirmer l'hypothèse selon laquelle l'observation des actions sous la forme d'animations de type « point light display » est plus efficace pour améliorer les performances en décision lexicale des dyslexiques que l'observation des actions en images statiques.

Aussi, nous leur avons proposé les épreuves de décision lexicale et de décision de mouvements réalisées au tout début de l'expérience 1. Ceci pour savoir si l'entraînement a permis de créer la corrélation entre la lecture de verbos et la perception des mouvements, mais aussi s'il a amélioré les performances en décision lexicale et celles en décision de mouvements des participants.

X. Analyses des données :

Nous avons procédé à des tests de Student indépendants pour comparer le groupe des enfants dyslexiques au groupe des enfants contrôles et des tests de Student appariés pour comparer les performances du groupe d'enfants dyslexiques avant et après la rééducation.

XI. Résultats de l'expérience 2

A. Comparaison des performances en décision lexicale de verbes avant et après entraînement.

Avant entraînement, les pourcentages de bonnes réponses sur les mots allant être entraînés par des point light displays et les pourcentages de bonnes réponses sur ceux allant être entraînés par des images n'étaient pas significativement différents.

Après entraînement, le pourcentage de réussite est significativement plus grand pour les verbes entraînés grâce aux points light displays ($t(5) = 2.94$; $p < .05$) (**Tableau 7** ci-dessous).

Cependant, si l'on considère tous les résultats, quel que soit le type d'entraînement, il n'y a pas de différence significative avant et après l'entraînement en ce qui concerne le pourcentage de bonnes réponses. Le nombre de bonnes réponses était même en baisse après entraînement mais pas de manière significative. En revanche le temps de réponse, quant à lui, baissait de manière tendancielle après entraînement (**Tableau 8** ci-dessous).

Ces résultats nous ont révélé que l'entraînement n'a pas amélioré les performances en lecture des participants sur les verbes entraînés même si l'observation des actions en dynamique semble être légèrement plus efficace que l'observation d'images statiques. Si les participants se sont tendanciellement améliorés en rapidité de réponse, l'exactitude de leurs réponses en a en revanche pâti. En lecture, les dyslexiques ne pourraient donc pas être précis et rapides. Nos résultats sont à prendre en considération avec beaucoup de réserve du fait du nombre limité de participants, et de séances d'entraînement.

Tableau 7 : Résultats et écarts-types entre le nombre de bonnes réponses avant et après l'entraînement en fonction du type d'entraînement :

Variabes mesurées	Moyenne des bonnes réponses à l'entraînement images	Moyenne des bonnes réponses l'entraînement Point light	Significativité
Avant entraînement	0,71	0,96	$t(5)=2.23$; $p=0,07$
Après entraînement	0,67	0,88	$t(5)=2.71$; $p= 0,04^{*6}$

⁶ (*p significatif)

Tableau 8: Résultats et écarts-types entre le temps de réponse avant et après l'entraînement, quel que soit le type d'entraînement :

Variables mesurées	Avant entraînement	Après entraînement	Significativité
Moyenne des temps de réponses	1506,62	1185,35	t(5)=2.21 ; p=0,07 ns

B. Comparaison des performances en décision lexicale et décision de mouvements avant et après entraînement :

1. En décision lexicale :

Les enfants dyslexiques participant à l'expérience 2 n'ont pas vu leurs compétences en décision lexicale s'améliorer après l'entraînement d'un mois. Les taux de réussite et les temps de réaction enregistrés après entraînement sont tous meilleurs que ceux enregistrés avant l'entraînement mais la différence entre ces résultats n'est pas significative que ce soit pour les noms que pour les verbes (**Tableau 9 ci-dessous**). Peut-être qu'un entraînement plus long et une population plus conséquente révéleraient des différences positives significatives.

Tableau 9: Comparaison des pourcentages de bonnes réponses et des temps de réponses à l'épreuve de décision lexicale avant et après entraînement :

Variables mesurées	Avant entraînement	Après entraînement	Significativité
Moyenne des bonnes réponses aux noms	0,82	0,86	ns
Moyenne des bonnes réponses aux verbes	0,80	0,79	ns
Moyenne des temps de réponses aux noms	2167,06	1906,09	t(5)=2.13 ; p= 0,09 ns
Moyenne des temps de réponses aux verbes	2074,85	1822,58	t(5)=2.20 ; p=0,08 ns

2. En décision de mouvement :

Les résultats ont révélé que les dyslexiques participant à l'expérience 2 se sont améliorés significativement dans la tâche de décision de mouvements, que ce soit en termes de bonnes réponses ($t(5) = 4.18$; $p < .05$) qu'en termes de temps de réponses ($t(5) = 2.92$; $p < .05$) (**Tableau 10** ci-dessous). Après l'entraînement, leur capacité à juger si un mouvement représenté en « point light display » est biologique ou pas, était même meilleure que celle des contrôles mesurée dans l'expérience 1, que ce soit en vitesse de réponse ($t(23) = 3.22$; $p < .05$) qu'en qualité de réponses ($t(23) = 2.75$; $p < .05$). C'est un résultat d'autant plus intéressant que l'entraînement n'utilisait pas tous les mouvements composant la tâche de décision de mouvements (**Tableau 11** ci-dessous). Les enfants dyslexiques ont généralisé leur nouvelle capacité à tous les mouvements présentés.

Tableau 10 : Comparaison des pourcentages de bonnes réponses et des temps de réponses à l'épreuve de décision de mouvements avant et après entraînement :

Variables mesurées	Avant entraînement	Après entraînement	Significativité
Moyenne des bonnes réponses	0,84	0,94	$t(5)=4.19$; $p=0,008^{*7}$
Moyenne des temps de réponses	1637,42	1144,35	$t(5)=2.93$; $p=0,032^{*}$

Tableau 11: Comparaison des capacités de perception de mouvements des enfants dyslexiques après l'entraînement de l'expérience 2 et de celles des enfants contrôles de l'expérience 1 :

Variables mesurées	Dyslexiques après Expérience 2 N=6	Contrôles Expérience 1 N=19	Significativité
Moyenne aux bonnes réponses	0,94	0,89	$t(23)=2.06$; $p=0,05^{*}$
Moyenne aux temps de réponses	1144,35	1405,29	$t(23)=2.28$; $p=0,03^{*}$

⁷ * = p significatif

C. Calcul de la corrélation après entraînement :

Aucune corrélation ne s'est créée durant l'entraînement, le lien entre les capacités de perception de mouvements et les capacités de lecture de verbes n'était toujours pas significatif.

XII. Discussion

A. Interprétation des résultats et réponses aux hypothèses :

L'expérience 2 avait pour objectif de prouver qu'un entraînement associant la lecture de verbes et l'observation des mouvements correspondants, comme l'avaient proposé Marangolo et al., (2010) à des aphasiques, pouvait améliorer les capacités en perception de mouvements biologiques mais aussi les capacités de lecture de verbes des enfants dyslexiques.

Les résultats ont révélé que pour les verbes entraînés, les capacités des participants en décision lexicale s'étaient améliorées en termes de vitesse de réponses, mais qu'elles s'étaient dégradées en termes de qualité de réponses. L'association entre lecture de verbes et observation des mouvements correspondants n'a pas mené à une amélioration des capacités de lecture des participants. Cette absence d'amélioration pourrait s'expliquer par le nombre trop réduit de participants et de séances d'entraînement, mais pourquoi le pourcentage de bonnes réponses est-il moins important après qu'avant l'entraînement ? Nous pourrions supposer que les enfants dyslexiques ayant rencontré 12 fois les verbes en question en un mois, ont stocké leur forme globale en mémoire. Ces enfants avaient tous un trouble phonologique, c'est-à-dire une voie d'assemblage déficiente. En répondant à la consigne de rapidité contenue dans l'épreuve de décision lexicale, les participants semblent être tombés dans le piège d'une lecture « devinette » décrite par Dehaene (2007). Les pseudo-verbes ressemblant fortement aux verbes réels ont, dans la précipitation, été lus comme s'il s'agissait des vrais car les enfants ont privilégié leur voie d'adressage, voie plus rapide mais pas totalement efficace chez eux. Cela expliquerait la diminution du temps de réaction dans l'épreuve après l'entraînement et l'augmentation des erreurs de décision lexicale. Les dyslexiques ne peuvent donc pas lire vite et bien, il leur faut du temps. Peut-être serait-ce intéressant de refaire l'expérience avec plus de participants, qui n'ont pas l'habitude de l'exercice et à qui on laisserait tout le temps dont ils ont besoin pour décider si le mot existe

ou pas. Dans ce cas-là nous n'aurions des résultats qu'en termes de pourcentages de bonnes réponses, mais ces résultats ne seraient pas biaisés par des difficultés annexes impliquées par le protocole expérimental.

L'expérience 2 devait aussi prouver que l'association de la lecture de verbes et de l'observation des mouvements correspondants pouvait améliorer les performances en décision lexicale et en décision de mouvements, composées de stimuli n'ayant pas fait l'objet de l'entraînement. L'amélioration des performances en décision lexicale n'a pas été significative. Peut-être qu'un entraînement plus long, mené sur un échantillon plus grand obtiendrait des résultats significativement positifs.

Cependant les capacités des dyslexiques en perception de mouvements biologiques se sont considérablement accrues. Les enfants dyslexiques après l'entraînement ont généralisé leurs nouvelles compétences à tous les « point light displays » présentés et sont même devenus plus performants que les enfants tout-venants testés dans l'expérience 1. Ces résultats sont intéressants car ils nous apprennent que les comorbidités en perception de mouvements biologiques peuvent être aisément compensées par un entraînement facile et rapide. Nous pouvons aussi supposer que l'entraînement développe le système miroir impliqué dans cette habileté. Il serait intéressant, de tester chez les enfants dyslexiques, en utilisant le protocole de Menghini et al (2011), les capacités d'apprentissage d'une séquence visuo-motrice par l'observation après entraînement. S'apercevoir que cette modalité d'apprentissage est plus efficace après un entraînement développant les capacités de perception de mouvements biologiques pourrait nous intéresser en tant qu'orthophoniste. En effet, accroître les possibilités d'apprentissage des enfants dyslexiques est un des objectifs des rééducations orthophoniques.

De plus l'expérience 2 a montré une amélioration significative des capacités de décision lexicale pour les verbes entraînés par les « point light displays » et pas pour les verbes entraînés par les images. Les « point light displays » apporteraient un petit plus dans la rééducation de la lecture de verbes. Nous supposons que les points lumineux en mouvements créent, plus facilement que les images statiques, les représentations sensori-motrices composant le concept se cachant derrière l'image.

Enfin nous supposons dans cette deuxième partie que l'entraînement créerait la corrélation entre perception de mouvements biologiques et lecture de verbes. Les résultats n'ont révélé aucune corrélation bien que la capacité de perception de mouvements de ces enfants dyslexiques se soit considérablement améliorée. Cependant, ces résultats ne sont pas

étonnants, comme nous l'avons appris dans l'expérience 1, les enfants tout venants présentant une lecture normale et des capacités en perception de mouvements biologiques performantes, n'ont pas encore développé le lien entre le système miroir et le système langagier. Il semble donc normal que les enfants dyslexiques, ayant un développement atypique du langage écrit et des comorbidités en perception de mouvements biologiques, ne l'aient pas créé non plus. La même expérience sur des enfants normo-lecteurs, pourrait peut-être prouver que la corrélation entre lecture de verbes et perception des mouvements biologiques peut se créer chez les enfants ayant un développement typique, prouvant ainsi le caractère particulier du verbe, faisant le lien entre le langage dans sa modalité écrite et la motricité dans sa modalité perceptive.

B. Critiques :

Cette deuxième partie n'avait pas été anticipée, elle s'est décidée après la découverte des résultats de l'expérience 1 qui ne révélaient pas la corrélation attendue et qui nous apprenaient la présence de troubles de la perception des mouvements biologiques chez les enfants dyslexiques. Il est donc important de nuancer nos résultats car notre étude a été réalisée auprès d'un faible échantillon compte tenu de la difficulté de suivre un nombre important d'enfants dyslexiques durant leurs séances d'orthophonie.

De plus, la non planification de cette deuxième partie n'a pas permis de mener l'entraînement plus de quatre semaines. Le nombre de séances n'a pas été assez important pour espérer des résultats significatifs au niveau de la réhabilitation des troubles de lecture des verbes même si nous retiendrons que les participants ont vu leurs performances en décision lexicale s'améliorer de manière non significative.

Aussi, peut-être que la consigne de rapidité ne prenait pas en compte la nature du trouble de lecture des participants et qu'il a contribué à des résultats négatifs.

Enfin, nous retiendrons tout de même, que les 6 patients dyslexiques ont été réceptifs à l'exercice proposé et ont participé avec enthousiasme aux quatre jeux proposés.

XIII. Discussion Générale

Aux vues des résultats de Vinel (2013) révélant chez les adultes la corrélation entre langage écrit et perception de mouvements biologiques, et de ceux d'Harai et Hiraki (2005) démontrant le caractère inné de la capacité de perception de mouvements biologiques, nous voulions prouver, dans ce mémoire, que la corrélation présente chez les adultes était également présente chez les enfants (dyslexiques et normo-lecteurs). Nos résultats et les analyses statistiques nous ont révélé que non seulement, la corrélation entre langage écrit et perception de mouvements biologiques n'existait pas chez les enfants mais aussi qu'elle ne pouvait pas être créée, pour des enfants dyslexiques, par un entraînement associant la lecture de verbes et l'observation des mouvements correspondants. Nos résultats ont donc certes étayé les résultats d'Harai et Hiraki (2005) selon lesquels la perception de mouvements biologiques est une compétence innée, car les résultats des enfants tout-venants en décision de mouvements étaient très bons que ce soit en pourcentages de bonnes réponses qu'en temps de réaction. Mais ils ont révélé que le lien entre le système langagier et le système miroir n'était pas encore mature entre 9 et 11 ans et qu'il se construisait sûrement durant l'enfance et jusqu'à l'âge adulte. Une étude cherchant cette même corrélation chez les adolescents serait intéressante pour confirmer cette hypothèse.

Nous supposions également dans cette étude, en s'appuyant sur les résultats de Menghini et al. (2011) qui avaient démontré une faiblesse du système miroir chez les enfants dyslexiques, que ceux-ci présentaient des troubles associés en perception de mouvements biologiques. Les résultats ont cette fois confirmé notre hypothèse. Les enfants dyslexiques étaient significativement moins performants que les contrôles dans la tâche de décision de mouvements, et ce, sans présenter de troubles associés dans les tâches de motricité et d'attention visuelle que nous leur avons proposées. Comme cela a déjà été prouvé pour la mémoire ou le langage oral, la perception des mouvements biologiques est apparue comme une compétence qui pose problème aux enfants dyslexiques. Le diagnostic orthophonique doit dépister ce type de troubles associés et la rééducation doit tenter de les compenser pour que ces capacités cognitives annexes deviennent pour ces enfants, des piliers dans les exercices de lecture.

Dans une deuxième partie nous avons testé sur 6 enfants dyslexiques un entraînement expérimental associant la lecture de verbes à l'observation de mouvements correspondants.

Cet entraînement visait une amélioration des capacités de lecture des verbes des participants et de leurs compétences en perception de mouvements biologiques.

Les résultats n'ont pas révélé d'amélioration significative en décision lexicale. La lecture des verbes des participants ne s'est pas améliorée pour les verbes entraînés, les temps de réaction étaient meilleurs mais le pourcentage de bonnes réponses était moins bon ; nous supposons que la population n'était pas assez grande pour révéler des résultats positifs et nous préconisons, si l'expérience était renouvelée sur plus de participants dyslexiques que la consigne de rapidité ne soit plus présente dans la tâche de décision lexicale.

Si sur les stimuli entraînés (les verbes) le pourcentage de bonnes réponses diminuait après l'entraînement, il augmentait sur des stimuli n'ayant pas fait l'objet de l'entraînement. Certes, cette amélioration n'était pas significative mais cette fois une étude sur une population plus grande et avec un entraînement intensif, pourrait amener à des résultats positifs significatifs.

Les résultats ont par ailleurs démontré que les enfants dyslexiques après l'entraînement étaient très performants en perception de mouvements biologiques, leurs résultats dépassant même ceux des enfants tout-venants. Si nous nous basons sur l'idée que la capacité de perception de mouvements biologiques dépend du système miroir, car c'est lui qui crée les représentations sensori-motrice lors de la simple observation d'actions, nous pouvons affirmer que notre entraînement a permis de stimuler le système miroir et de le rendre plus performant. Menghini et al. (2011) avaient prouvé que l'apprentissage par l'observation, lié au système miroir, était plus difficile pour les dyslexiques que pour les enfants normo-lecteurs. Rendre plus efficace le système miroir des dyslexiques pourrait développer cette modalité d'apprentissage chez ces enfants et leur permettrait de ne pas toujours passer par l'exécution pour apprendre.

Favoriser les compétences d'apprentissage des enfants dyslexiques est un des objectifs de la rééducation orthophonique. En effet, la dyslexie n'est pas un trouble passager, et l'orthophonie aide les patients dyslexiques à compenser au mieux leur trouble de lecture en trouvant avec eux toutes les stratégies possibles sur lesquelles ils vont pouvoir s'appuyer durant leurs apprentissages scolaires et leur vie quotidienne.

XIV. Conclusion :

En définitive le lien entre le système langagier et le système moteur par l'intermédiaire du système miroir n'est pas encore mature chez l'enfant ayant un développement typique. Cependant dans un développement atypique tel que celui des enfants dyslexiques, un lien est certain entre les troubles du langage écrit et des troubles associés en perception de mouvements. Il serait intéressant de savoir sur une population bien plus importante de dyslexiques, le pourcentage de présence de ces troubles associés, pour déterminer si le lien entre le trouble du langage écrit et les troubles de perception de mouvements biologiques est un lien de causalité ou juste un lien indépendant de comorbidité.

Notre recherche pourrait faire l'objet d'une suite notamment par une étude analysant la corrélation entre perception de mouvements biologiques et lecture de verbes chez les adolescents normo-lecteurs. Ses résultats permettraient peut-être de confirmer notre hypothèse selon laquelle la corrélation en question se crée durant toute l'enfance en fonction de la vitesse de maturité du système miroir. Pour démontrer l'implication du système miroir dans le lien qui unit le système langagier au système moteur et pour démontrer la faiblesse du système miroir chez les enfants dyslexiques, un étude pourrait également étudier les capacités en communication non verbale et en imitation de ces enfants, comme l'ont fait Menghini et al., (2011) pour les capacités d'apprentissage par l'observation.

Ce mémoire a permis de prouver que la dyslexie est loin d'être un trouble isolé de la lecture et qu'elle s'accompagne fréquemment de troubles associés. Ici nous avons démontré des difficultés mnésiques et surtout des troubles de la perception des mouvements biologiques.

L'orthophoniste se doit de diagnostiquer et rééduquer les troubles secondaires pour créer des compétences nouvelles qui viendront soutenir le travail réalisé en langage écrit. Même si l'entraînement de l'expérience 2 n'a pas permis d'améliorer les capacités en lecture des participants, elle a révélé de franches améliorations dans les aptitudes de ces enfants en perception de mouvements biologiques.

Bibliographie

- Aziz-Zadeh, L., Wilson, S. M., Rizzolatti, G., & Iacoboni, M. (2006). Congruent Embodied Representations for Visually Presented Actions and Linguistic Phrases Describing Actions. *Current Biology*, 16(18), 1818-1823.
- BALE (2010). *Batterie Analytique du langage écrit*. Université Pierre Mendès France, Grenoble, Sciences Sociales et humaines.
- Bardi, L., Regoli, L., & Simion, F., (2010). Biological motion preference in human at birth: role of dynamic and configural properties. *Developmental Science*, pp,1-7.
- Beauchamp, M. S., & Martin, A. (2007). Grounding Object Concepts in Perception and Action: Evidence from fMRI Studies of Tools. *Cortex*, 43(3), 461-468.
- Bellone, C. (2003). *Dyslexies & dysorthographies: connaissances de base théorique et pratiques : d'hier à aujourd'hui et demain*. Isbergues: Ortho Edition.
- Bernardis, P., & Gentilucci, M. (2006). Speech and gesture share the same communication system. *Neuropsychologia*, 44(2), 178-190.
- Bidet-Ildi, C., Sparrow, L., & Coello, Y. (2011). Reading action word affects the visual perception of biological motion. *Acta Psychologica*, 137(3), 330-334.
- Blake, R., (1993) Cats perceive biological motion. *Psychological Science*, 4. 54-57
- Borel-Maisonny, S. (1960). *Langage oral et écrit Tome Pédagogie des notions de base (tome 2)*. Paris: Delachaux & Niestle.
- Boulenger, V., Mechtouff, L., Thobois, S., Broussolle, E., Jeannerod, M., & Nazir, T.A., (2007). Neuropsychologia word processing in Parkinson disease is impaired for action verbs but not for concrete nouns. *Neuropsychologia*, 46, 743-756.
- Buccino, G., Vogt, S., Ritzl, A., Fink, G. R., Zilles, K., Freund, H.-J., & Rizzolatti, G. (2004). Neural Circuits Underlying Imitation Learning of Hand Actions: An Event-Related fMRI Study. *Neuron*, 42(2), 323-334.
- Caggiano, V., Fogassi, L., Rizzolatti, G., Pomper, J. K., Thier, P., Giese, M. A., & Casile, A. (2011). View-Based Encoding of Actions in Mirror Neurons of Area F5 in Macaque Premotor Cortex. *Current Biology*, 21(2), 144-148.

- Chaix, Y., Albaret, J-M., Brassard, C., Cheuret, E., Castelnaud, P. de, Benesteau, J., Karsenty, C., Démonet, J-F., (2007). Motor impairment in dyslexia the influence of attention disorder. *European journal of paediatric neurology*, 11, 368–374.
- Cuvellier, M., (2013). *La perception des mouvements biologiques chez les enfants dysphasiques*. Mémoire de Master 2 Trouble de la cognition et du langage. Université de Poitiers.
- David-Millot, A., (2008). *Outil de dépistage des troubles de la motricité oculaire conjugué et de la vision binoculaire pour les patients ayant des troubles de la lecture. A destination des orthophonistes*. Mémoire d'orthophonie, Université de Nantes.
- Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Paris: Odile Jacob.
- Démonet, J. F. (2002). Dyslexies développementales : apports de la neuro-imagerie fonctionnelle. *Archives de Pédiatrie*, 9, Supplement 2, 268-270.
- Dumont, A. (2005). *Réponses à vos questions sur la dyslexie*. Paris: Pocket.
- Duvillié, R. (2007). *Petit dyslexique deviendra grand: comprendre et accompagner les enfants dyslexiques*. Paris: Marabout.
- Ertelt, D., & Binkofski, F., (2012). Action observation as a tool for neurorehabilitation to moderate motor deficits and aphasia following stroke. *Neural Regeneration Research*, 7, 2063-2074.
- Finlay, J. C. S., & Mc Phillips, M., (2013). Comorbid motor deficits in a clinical sample of children with specific language impairment. *Research in Developmental Disabilities*, 34, 2533-2542.
- Gentilucci, M., & Bernardis, P. (2007). Imitation during phoneme production. *Neuropsychologia*, 45(3), 608-615.
- Gentilucci, M., Campione, G. C., Dalla Volta, R., & Bernardis, P. (2009). The observation of manual grasp actions affects the control of speech: A combined behavioral and Transcranial Magnetic Stimulation study. *Neuropsychologia*, 47(14), 3190-3202.
- Gentilucci, M., Dalla Volta, R., & Gianelli, C. (2008). When the hands speak. *Journal of Physiology-Paris*, 102(1–3), 21-30.
- Gil, R. (2010). *Neuropsychologie*. Paris: Masson.
- Harai, M., & Hiraki, K., (2005). An event-related potentials study of biological motion perception in human infants. *Cognitive Brain Research*, 22, 301-304.

- Hill, E., (1998). A dyspraxia deficit in SLI and developmental coordination disorders? Evidence from hand and arm movement. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 40, 388-395.
- INSERM (Ed.) (2007). *Dyslexie Dysorthographe Dyscalculie Bilan des données scientifiques*. Paris : INSERM.
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14, 201-211.
- Kampanaros, M., (2013). Does verb type affect action naming in specific language impairment (SLI)? Evidence from instrumentality and name relation. *Journal of Neurolinguistics*, 26, 160-177.
- Keysers, C., & Gazzola, V., (2010). Social Neuroscience: Mirror Neurons Recorded in Humans. *Current Biology*, 20, R353-R354.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P., (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 36(1), 156-166.
- M-ABC (2004), *Batterie d'Evaluation du Mouvement chez l'Enfant, adaptation française du Movement ABC (1992)*, R. Soppelsa et J.M. Albaret, Henderson et Sugden, Paris, Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Marangolo, P., Bonifazi, S., Tomaiuolo, F., Craighero, L., Coccia, M., Altoè, G., Provinciali, L., & Cantagallo, A., (2010). Improving language without words: First evidence from aphasia. *Neuropsychologia*, 48, 3824-3833.
- Marangolo, P., Cipollari, S., Fiori, V., Razzano, C., & Caltagirone, C., (2012). Walking but not barking improves verb recovery: Implication for Action Observation Treatment in Aphasia Rehabilitation. *Plos One*, 7, 1-7.
- MathWorks, (1994-2014), logiciel Matlab. <http://www.mathworks.com/>.
- Menghini, D., Vicari, V., Mandolesi, L., & Petrosini, L., (2011). Is learning by observation impaired in children with dyslexia? *Neuropsychologia*, 49, 1996-2003.
- New & Pallier, (2011), Lexique. <http://lexique.org/moteur/Open.php?base%5BO%5D=Lexique31nbfields41OpenLexique=Recherche>
- Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Dean, P. (2001). Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 24(9), 508-511.
- Pavlova, M. A., (2011). Biological motion processing as a hallmark of social cognition. *Cerebral Cortex*, 20, 1-15.

- Pavlova, M. A., Krageloh-Mann, I., Sokolov, A., & Birbaumer, N., (2001). Recognition of point-light biological motion displays by young children. *Perception*, 30, 925-933.
- Psychology Software Tools, (2014), logiciel E-prime version 2.0, <http://www.pstnet.com/>.
- Pulvermuller, F., (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Perspectives*, 6, 576-582.
- Reid, G., Green, Shannon, & Veubret, M. (2010). *100 idées pour venir en aide aux élèves dyslexiques*. Paris: Tom Pousse.
- Rizzolatti, G., & Fabbri-Destro, M. (2008). The mirror system and its role in social cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 18(2), 179-184.
- Rousseau, T. (2004). *Les approches thérapeutiques en orthophonie*. Isbergues: Ortho édition.
- Sato, M., Mengarelli, M., Riggio, L., Gallese, V., & Buccino, G. (2008). Task related modulation of the motor system during language processing. *Brain and Language*, 105(2), 83-90.
- Shiple, T.F., (2012), Point-light display Movies.
<http://astro.temple.edu/~tshiple/mocap/dotMovie.html>
- Shiple T.F, Brumberg J.S., (2003). *Markerless motion-capture for point-light displays*. Technical Report. Philadelphia, Temple University Vision Laboratory.
- Signes Editions (Ed.) (2004). *Troubles spécifiques des apprentissages. L'Etat des connaissances*. Paris: Signes Editions
- Simion, F., Regoli, L., & Hermann, B., (2008). A predisposition for biological motion in newborn baby. *PNAS*, 105, 809-813.
- Test de l'Alouette (1967). *Test de l'Alouette (2ème Ed.)*. Lefavrais, P., Paris, Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Valdois, S., Habib, M., & Cohen, L. (2008). Le cerveau lecteur: histoire naturelle et culturelle. *Revue Neurologique*, 164, Supplement 3, S77-S82.
- Vallortigara, G., Regolin, L., & Marconato, F. (2005). Visually inexperienced chicks exhibit spontaneous preference for biological motion patterns. *PLoS Biology*, 3, e208.
- Vinel., (2013). *Corrélation entre langage écrit et perception des mouvements chez l'adulte sain*. Mémoire de Master 2 de Biologie, Université de Poitiers.

Weck, G. de, & Marro, P. (2010). *Les troubles du langage chez l'enfant description et évaluation*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.

WNV (2009). *Echelle non verbale d'intelligence de Wechsler*. Wechsler, D., & Naglieri, J., Paris, Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.

Annexes

Annexe 1: « Poor lay Zanglay » de Raimond Queneau dans Exercice de style :	II
Annexe 2: Vocabulaire de la tâche de décision lexicale avec mots et pseudo-mots :	III
Annexe 3: Questionnaire sur le caractère imaginable des mots :	IV
Annexe 4 : Protocole d'évaluation et planche de matrice de l'épreuve Matrice de la WNV : VI	
Annexe 5 : Planche de cubes et protocole d'évaluation de l'épreuve Mémoire Spatiale de la WNV :	VIII
Annexe 6: Le texte de l'Alouette	IX
Annexe 7 : Test de lecture de mots non fréquents de la BALE :	X
Annexe 8 : Test du Tracé de la Fleur de la batterie M-ABC	XI
Annexe 9 : Test d'équilibre de la batterie M-ABC pour les enfants de 9-10 ans :	XII
Annexe 10: Test d'équilibre de la batterie M-ABC pour les enfants de 11 ans:	XIII
Annexe 11: Test de barrage des cloches de la BALE	XIV
Annexe 12 : Images des mouvements correspondants aux verbes utilisées durant l'entraînement :	XV
Annexe 13 : Cartes-verbs utilisées dans les quatre jeux de l'entraînement :	XVI
Annexe 14: Exemples de cartes du jeu du commerce Bazar Bizarre:	XVII
Annexe 15 : Objets du jeu du commerce Bazar Bizarre:	XVIII
Annexe 16 : 6 caches de couleurs différentes du jeu n°3 :	XVIII
Annexe 17 : Exemples de cartes du jeu du commerce Caméléon et jeton « face qui rit » : .	XIX

Annexe 1: « Poor lay Zanglay » de Raimond Queneau dans Exercice de style :

Poor lay Zanglay

*Ung joor vare meedee ger preelotobiüs poor la port Changparay. Eel aytay
congplay, praysk. Jer mongtay kang maym ay lar jer vee ung ohm hvayk
ung long coo ay ung chahrpo hangtooray iinn saught der feessel trayssay.
Sir mirssyer sir mee ang caughtlayr contrer ung ingdeeedüh kee lühee
marshay sühr lay peehay, pühee eel arlah arsswar.*

*Ung per plüh tarh jer ler rervee dervang lahr Garsinglahzahr ang
congparhrgnee d'ung dangdee kee lühee congsayhiay der fare rermongtay
d'ung crang ler bootong der song pahrdessüh.*

Annexe 2: Vocabulaire de la tâche de décision lexicale avec mots et pseudo-mots :

Verbes	Pseudo- verbes	Fréquence Lexique	Fréquence Manulex	Nombre de lettres	Nombre de syllabes
boiter	bioter	15.43	22,08	6	2
cueillir	ceilluir	13.84	115,72	8	2
déchirer	dichérer	26.46	41,35	8	3
pivoter	poviter	1.19	1,48	7	3
couper	copuer	155.82	224,30	6	2
verser	vreser	31.20	74,47	6	2
écrire	ercire	305.92	1 457,17	6	2
creuser	ceruser	25.11	65,66	7	2
sourire	soruire	53.97	121,87	7	2
reculer	ruceler	52.15	59,51	7	3
caresser	cerasser	15.69	57,61	8	3
nager	ganer	30,36	124,39	5	2
lâcher	lancher	171,08	52,59	6	2
pincer	pinocer	10,84	23,94	6	2
balayer	labayer	12,17	33,33	7	3
fumer	mufer	98,49	33,56	5	2
pousser	pusoser	125.61	344,71	7	2
peigner	pengier	2.25	6,13	7	2
balancer	banlacer	40.12	48,85	8	3
Noms	Pseudo-noms	Fréquence Lexique	Fréquence Manulex	Nombre de lettres	Nombre de syllabes
casque	quesca	15.42	27,60	6	1
guitare	gaiture	13.86	45,56	8	2
bâtiment	bamitent	27.58	24,92	8	3
sablier	sibaler	1.18	0,46	7	3
copain	capoin	158.62	104,36	6	2
cochon	chocon	31.18	116,79	6	2
madame	mamade	307.36	239,17	6	2
piscine	pisucine	23.62	94,05	7	2
sorcier	socrier	54.09	135,58	7	2
magasin	gamasin	60.62	21,12	7	3
araignée	agnairée	18.20	63,73	8	3
épée	éphée	32,81	35,92	5	2
bureau	rubeau	167,13	75,75	6	2
citron	cotrin	10.92	35,27	6	2
haricot	hiracot	8.85	40,76	7	3
armée	émare	101.07	24,51	5	2
million	mililon	124.70	34,16	7	2
bottine	bittone	2.27	1,28	7	2
étudiant	éduitant	38.07	7,70	8	3

L'appariement des verbes d'action et des noms concrets a été réalisé en tenant compte selon des fréquences d'utilisation, du nombre de lettres et du nombre de syllabes de mots. Les pseudo-mots ont été créés à partir des mots d'origine par inversion ou ajout d'une lettre.

Annexe 3: Questionnaire sur le caractère imaginable des mots :

Consigne : Des mots vous sont présentés ci-dessous. Pour chacun des mots, donner l'expression (Très facilement, Facilement, Moyennement, Difficilement, Très difficilement) qui vous semble la plus exacte pour décrire votre difficulté à imaginer le mot.

Ex :

espoir :

	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>pousser</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>bureau</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>reculer</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>sourire</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>fumer</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>couper</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>creuser</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>épée</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>pincer</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>haricot</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>balancer</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>balayer</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>araignée</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>étudiant</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>nager</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>piscine</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>peigner</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>copain</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>bottine</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>citron</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>magasin</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>guitare</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>sablier</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>million</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>déchirer</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>écrire</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>armée</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
<i>verser</i>	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement

lâcher	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
cueillir	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
madame	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
caresser	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
sorcier	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
pivoter	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
cochon	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
bâtiment	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
casque	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement
boîter	Très facilement	Facilement	Moyennement	Difficilement	Très difficilement

Annexe 4 : Protocole d'évaluation et planche de matrice de l'épreuve Matrice de la WNV :

Matrices

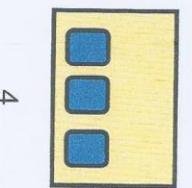
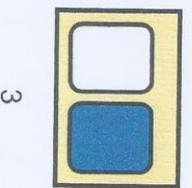
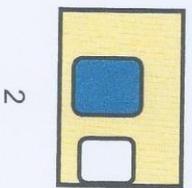
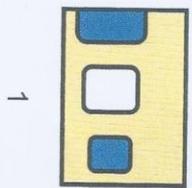
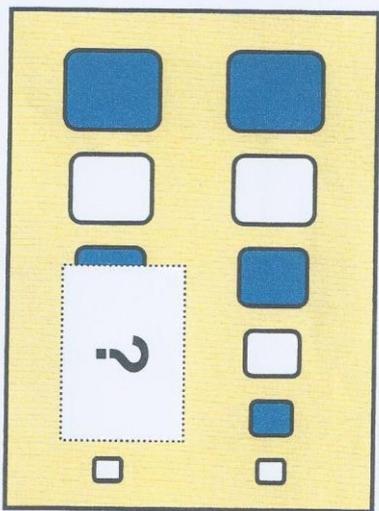
▶ Départ
Âges 4-5 : Item de démonstration, Items d'exemple A à C, puis Item 1.
Âges 6-15 : Item de démonstration, Items d'exemple A à C, puis Item 7.
Âges 16-21 : Item de démonstration, Items d'exemple A à C, puis Item 12.

↶ Retour
Âges 6-21 : si note 0 à l'un ou l'autre des deux premiers Items, administrer les Items précédents en ordre inverse jusqu'à ce que deux notes parfaites consécutives soient obtenues.

✋ Arrêt
 Après 4 notes 0 parmi 5 Items consécutifs.

✍ Cotation
 Coter 0 ou 1 point. Les réponses correctes sont en couleur.

Item	Réponse					Note	Item	Réponse					Note	Item	Réponse					Note							
4-21	D.	1	2	3	4	NSP/NR	15.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	33.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1			
	A.	1	2	3	4	NSP/NR	16.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	34.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1			
	B.	1	2	3	4	NSP/NR	17.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	35.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1			
4-5	C.	1	2	3	4	NSP/NR	18.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	36.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1			
	1.	1	2	3	4	NSP/NR	0	1	19.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	37.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	
	2.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	20.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	38.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1
	3.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	21.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	39.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1
	4.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	22.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	40.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1
6-15	5.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	23.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	41.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1
	6.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	24.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	Note brute totale à Matrices (Maximum = 41) 								
	7.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	25.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1									
	8.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	26.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1									
	9.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	27.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1									
	10.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	28.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1									
	11.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	29.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1									
	12.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	30.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1									
16-21	13.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	31.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1									
	14.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1	32.	1	2	3	4	5	NSP/NR	0	1									



MAT-14

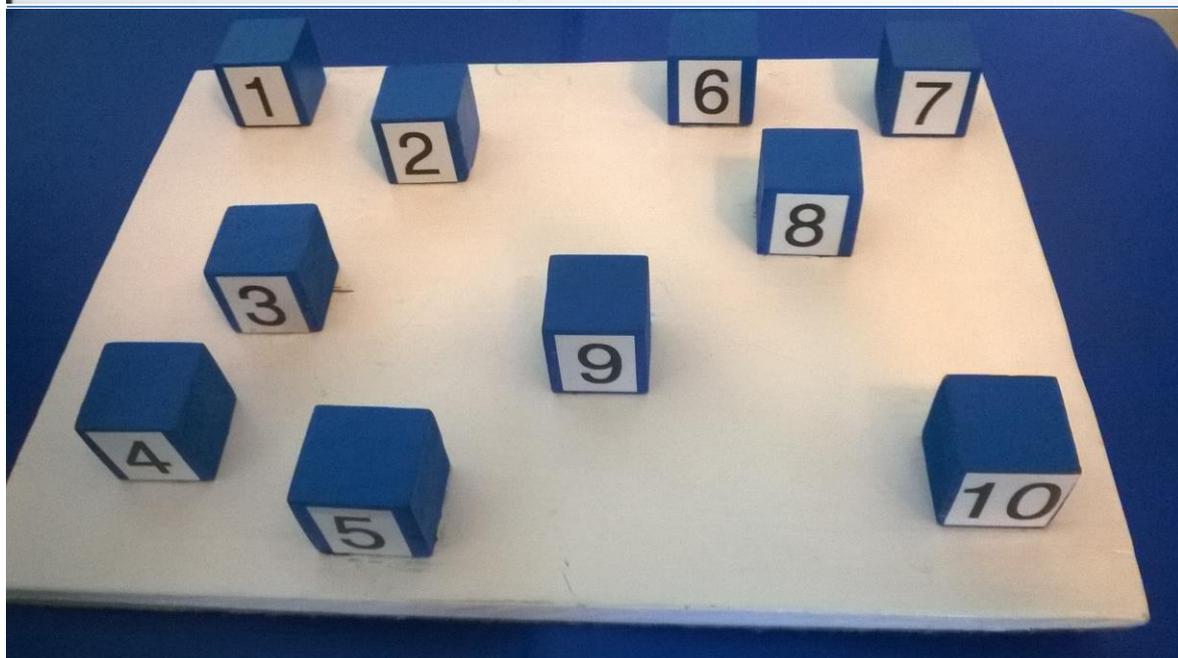
Annexe 5 : Planche de cubes et protocole d'évaluation de l'épreuve Mémoire Spatiale de la WNV :

Mémoire spatiale Ages 8-21

Départ : Ordre direct, Ages 8-21 : Item de démonstration, Item d'exemple, puis Item 1.
Arrêt : Après 2 notes 0 aux 2 essais d'un même item.
Cotation : Note 0 ou 1 point pour chaque essai.
MSPD & MSPI : note brute totale pour ordre direct et ordre inverse.
EMSPD & EMSPI : nombre de cubes touchés au dernier item coté 1 point, respectivement pour l'ordre direct et pour l'ordre inverse.

ORDRE DIRECT		Essai	Réponse	Note d'essai	Note d'item
8-21	D.	10 - 1			
	Ex.	5 - 8			
	1.	7 - 4		1 0	0 1 2
	2.	1 - 9 - 3		1 0	0 1 2
	3.	4 - 9 - 1 - 6		1 0	0 1 2
	4.	10 - 6 - 2 - 7		1 0	0 1 2
	5.	6 - 5 - 1 - 4 - 8		1 0	0 1 2
	6.	4 - 1 - 9 - 3 - 8 - 10		1 0	0 1 2
	7.	9 - 2 - 6 - 7 - 3 - 5		1 0	0 1 2
	8.	10 - 1 - 6 - 4 - 8 - 5 - 7		1 0	0 1 2
				EMSPD (Maximum = 9)	MSPD Note brute totale (Maximum = 16)

ORDRE INVERSE		Essai	Réponse	Note d'essai	Note d'item
8-21	D.	10 - 1			
	Ex.	5 - 8			
	1.	7 - 4		1 0	0 1 2
	2.	8 - 2 - 7		1 0	0 1 2
	3.	10 - 6 - 2 - 7		1 0	0 1 2
	4.	4 - 9 - 1 - 6		1 0	0 1 2
	5.	5 - 7 - 9 - 8 - 2		1 0	0 1 2
	6.	6 - 5 - 1 - 4 - 8		1 0	0 1 2
	7.	9 - 2 - 6 - 7 - 3 - 5		1 0	0 1 2
	8.	4 - 1 - 9 - 3 - 8 - 10		1 0	0 1 2
				EMSPI (Maximum = 9)	MSPI Note brute totale (Maximum = 16)
				Note brute totale à Mémoire spatiale (Maximum = 32)	



Annexe 6: Le texte de l'Alouette

L'alouette.



Sous la mousse ou sur le toit,
dans les haies vives ou le chêne fourchu,
le printemps a mis ses nids.
Le printemps a nids au bois.



Annie amie, du renouveau, c'est le doux temps.
Amie Annie, au bois joli gamine le pinson.
Dans les buis, gîte une biche, au bois chantant.
Annie, Annie! au doigt joli, une églantine laisse du sang :
au bout du temps des féeries viendra l'ennui.



L'alouette fait ses jeux; alouette fait un nœud avec un rien de paille.
L'hirondeau piaille sous la pente des bardeaux et, vif et gai, le geai
sur l'écaille argentée du bouleau, promène un brin d'osier.
Au verger, dans le soleil matinal, goutte une pompe dégelée.
On voit un bec luisant qui trille éperdument des notes claires
et, dans les pampres d'or que suspend la grille antique,
on surprend des rixes de moineaux.
Au potager s'alignent les cordeaux; l'if est triste à l'horizon
et lourd et lent l'envol des corbeaux.



Un lac étire ses calmes rives et, quand le soir descend,
le miroir de ses eaux reflète les poisons des brignoles perfides.
Et, quand descend le soir, quand joue la pourpre du couchant,
le ciel rougit ses eaux.
Dans la moire de l'eau danse l'ombre d'un écueil.
Tout est cris! Tout est bruits!



Une amarre est décochée... une barque est arrimée... des matelots
jettent leurs cassettes sur le rivage...

Tout est cris! Tout est bruits!
Au clair de la lune mon ami Pierrot...
Au clair de lune mon amie annie...



Au clair de la lune mon ami Pierrot, prête-moi la plume pour écrire un mot.

o u e i a

le la les un dans des do ti pu mi

Annexe 7 : Test de lecture de mots non fréquents de la BALE :

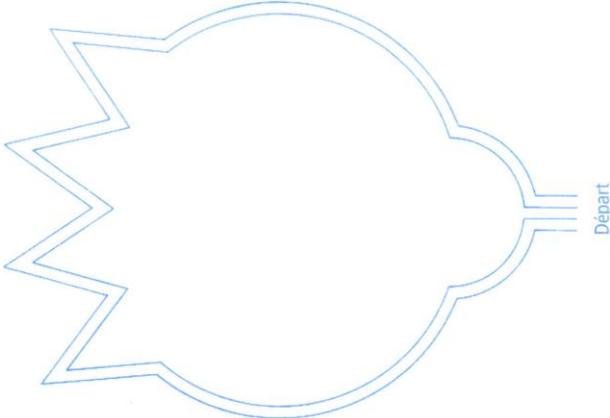
irréguliers	réguliers	pseudo-mots
-------------	-----------	-------------

Net	Sac	Rac
Galop	Congé	Gavin
Dolmen	Dorade	Caldon
Respect	Rigueur	Rigende
Bourg	Asile	Plour
Aiguille	Approche	Vatriche
Poêle	Piège	Pisal
Baptême	Bottine	Bertale
Oignon	Hausse	Aivron
Aquarelle	Astronome	Pacirande
Orchidée	Alchimie	Anchovée
Agenda	Avanie	Agante
Compteur	Courroie	Courlone
Stand	Baril	Stipe
Toast	Cargo	Torac
Escroc	Esquif	Casine
Cake	Cric	Bate
Chorale	Cagoule	Coginte
Aquarium	Acrobate	Abranise
Paon	Bise	Glon

1.2 Lecture de mots peu fréquents

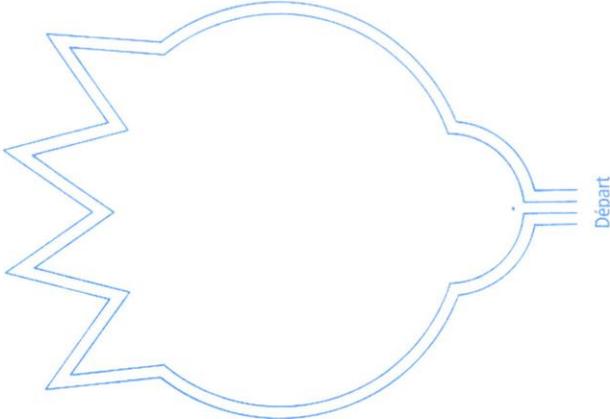
Annexe 8 : Test du Tracé de la Fleur de la batterie M-ABC

TRACÉ DE LA FLEUR



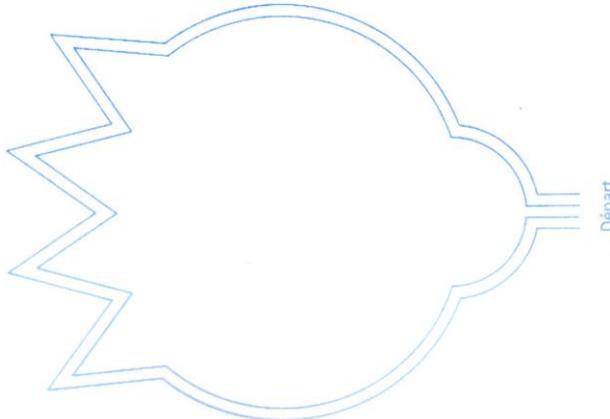
Nom

TRACÉ DE LA FLEUR



Nom

TRACÉ DE LA FLEUR



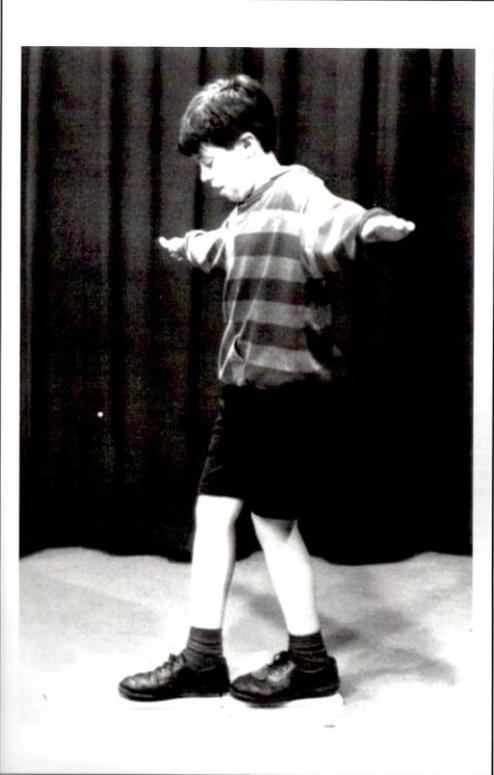
Nom

Annexe 9 : Test d'équilibre de la batterie M-ABC pour les enfants de 9-10 ans :

<p>Equilibre statique</p> <p>Equilibre sur une planche</p> <p>MATÉRIEL Chronomètre Planche d'équilibre (socle d'un support de saut) L'enfant doit porter des chaussures de gymnastique ou de sport.</p> <p>MISE EN PLACE L'enfant devra être testé dans un espace vide éloigné de tout mur ou mobilier. L'examineur est chargé de trouver une surface antidérapante sur laquelle la planche d'équilibre est placée. Placer la planche sur la surface antidérapante avec la partie étroite du socle sur le sol. L'examineur doit se positionner de façon à voir clairement les pieds de l'enfant. Il doit être en mesure de voir si oui ou non les côtés de la planche touchent le sol pendant que l'enfant réalise la tâche.</p> <p>TÂCHE L'enfant se met en équilibre sur un pied, sur la planche d'équilibre, pendant 20 secondes. Une fois que l'enfant est en position d'équilibre, démarrer le chronomètre. Les deux jambes sont testées.</p> <p>DÉMONSTRATION Lors de la démonstration de la tâche, mettre l'accent sur le fait de : • placer le pied au milieu de la planche, directement au-dessus de la partie étroite • conserver la planche en place de telle sorte que les côtés ne touchent pas le sol • conserver le pied libre décollé du sol, loin de la jambe d'appui et de la planche d'équilibre • utiliser les bras pour s'équilibrer si nécessaire</p> <p>PHASE D'ENTRAÎNEMENT Donner un essai d'entraînement pour chaque jambe avec un maximum de 10 secondes. L'examineur peut aider l'enfant à se mettre en position. L'examineur peut interrompre à tout moment si une faute dans la procédure apparaît, rappeler les consignes et faire une nouvelle démonstration.</p> <p>ESSAIS FORMELS Deux pour chaque jambe. Présenter le deuxième essai seulement si les critères de réussite ne sont pas atteints.</p> <p>NOTATION Nombre de secondes (maximum 20) pendant lesquelles l'enfant maintient l'équilibre sans commettre de faute de procédure telle que : • incliner la planche de telle sorte qu'un côté touche le sol • toucher le sol avec la jambe libre • toucher soit la planche, soit la jambe d'appui avec le pied libre</p>	<p>Tranche d'âge 3 9 et 10 ans</p> 
--	---

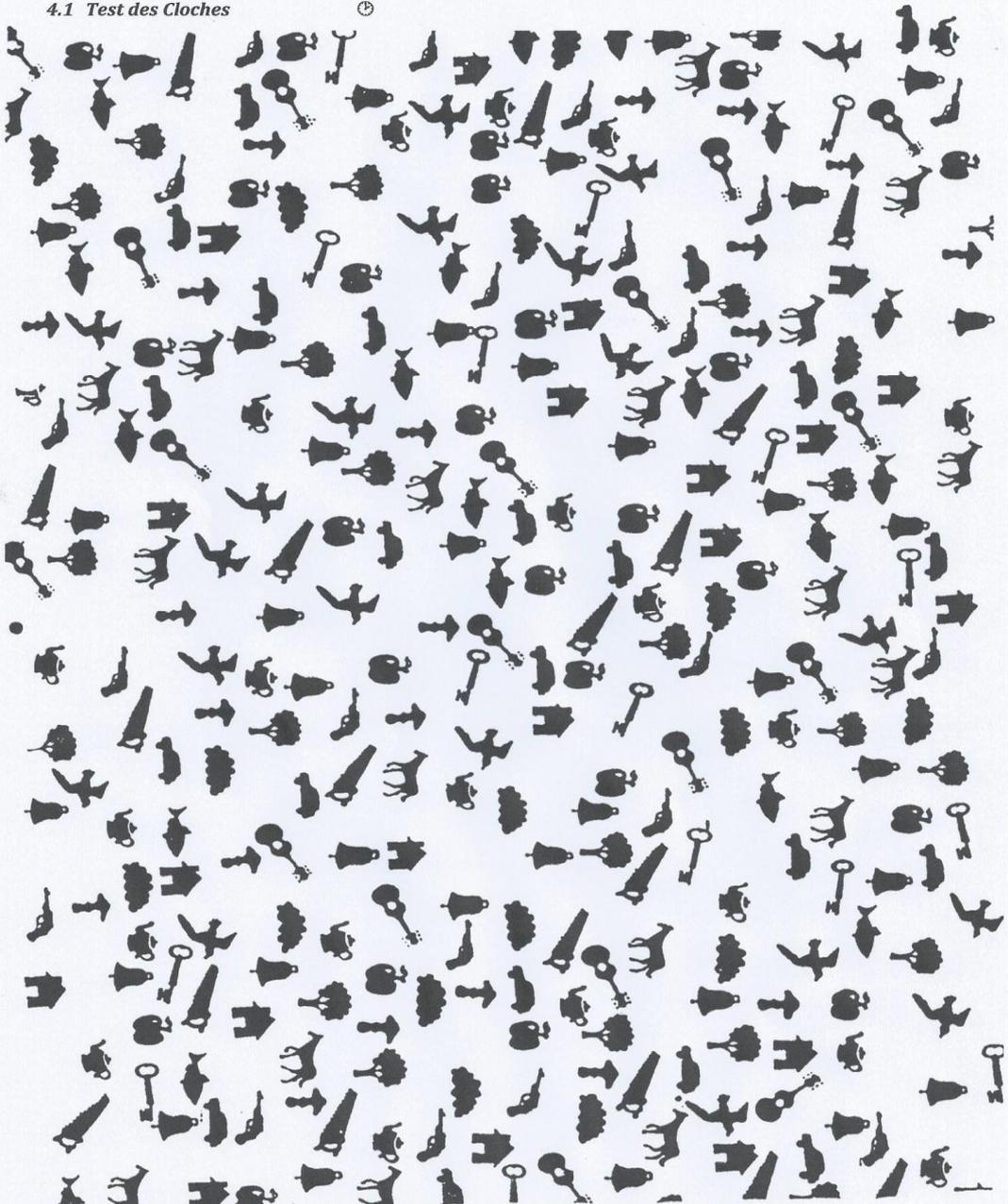
Annexe 10: Test d'équilibre de la batterie M-ABC pour les enfants de 11 ans:

Equilibre statique	Tranche d'âge 4
Equilibre sur les planches	11 et 12 ans
MATERIEL Chronomètre 2 planches d'équilibre (socles des supports de saut) L'enfant doit porter des chaussures de gymnastique ou de sport	
MISE EN PLACE L'enfant doit être testé dans un espace vide, loin des murs et du mobilier. L'examineur est chargé de trouver une surface antidérapante sur laquelle la planche d'équilibre est placée. Placer les planches l'une devant l'autre avec la partie étroite du socle vers le haut. L'examineur doit se positionner de façon à voir clairement les pieds de l'enfant et être en mesure de voir si oui ou non les côtés des pieds touchent les bases des planches.	
TÂCHE L'enfant se place en équilibre, la pointe d'un pied contre le talon de l'autre, sur la partie la plus étroite de la planche d'équilibre pendant 30 secondes. Une fois que l'enfant est en position d'équilibre, démarrer le chronomètre.	
DÉMONSTRATION Lors de la démonstration de la tâche, mettre l'accent sur le fait de : <ul style="list-style-type: none">• comment se mettre au mieux sur les planches et atteindre la position d'équilibre (cela se fait en posant tout d'abord un pied et l'essentiel du poids sur la planche arrière, avant de placer l'autre pied sur la planche de devant)• le fait qu'aucun des deux pieds ne glisse de la planche pendant l'épreuve• le fait que les côtés des pieds ne doivent pas toucher les bases des planches• utiliser les bras pour s'équilibrer si nécessaire	
PHASE D'ENTRAÎNEMENT Donner un essai d'entraînement jusqu'à un maximum de 10 secondes. L'examineur peut aider l'enfant à trouver la position d'équilibre. L'examineur peut interrompre à tout moment si une faute dans la procédure apparaît, rappeler les consignes et faire une nouvelle démonstration. L'enfant peut changer de pied une fois s'il ne se sent pas à l'aise.	
ESSAIS FORMELS Deux. Présenter le deuxième essai seulement si les critères de réussite ne sont pas atteints. Aucune assistance ne doit être donnée durant ces essais.	
NOTATION Nombre de secondes (maximum 20) pendant lesquelles l'enfant maintient l'équilibre sans commettre de faute de procédure telle que : <ul style="list-style-type: none">• décoller l'un ou l'autre des pieds de la planche• toucher le sol avec un des pieds• modifier l'alignement des planches• toucher la base de la planche avec les côtés du pied	



Annexe 11: Test de barrage des cloches de la BALE

4.1 Test des Cloches



Groupe Cogni-Sciences
Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition

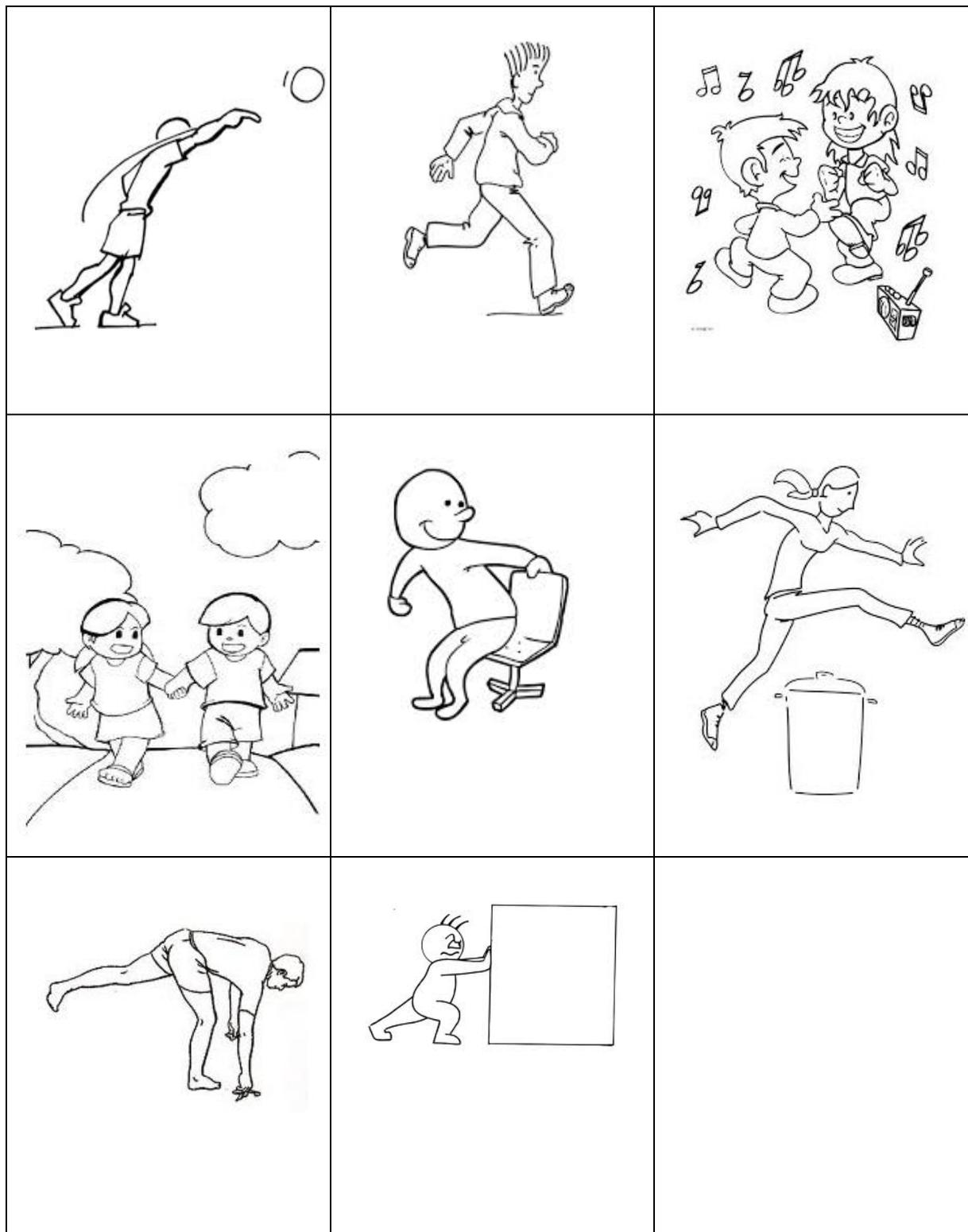


BALE 2010

Laboratoire des Sciences de l'Éducation
UPMF - Grenoble

68

Annexe 12 : Images des mouvements correspondants aux verbes utilisés durant l'entraînement :



Annexe 13 : Cartes-verbos utilisées dans les quatre jeux de l'entraînement :

Lancer	Courir	Danser	Marcher
S'asseoir	Sauter	Ramasser	Pousser
Lancer	Courir	Danser	Marcher
S'asseoir	Sauter	Ramasser	Pousser
Lancer	Courir	Danser	Marcher
S'asseoir	Sauter	Ramasser	Pousser

Annexe 14: Exemples de cartes du jeu du commerce Bazar Bizarre:



Annexe 15 : Objets du jeu du commerce Bazar Bizarre:



Annexe 16 : 6 caches de couleurs différentes du jeu n°3 :



Annexe 17 : Exemples de cartes du jeu du commerce Caméléon et jeton « face qui rit » :



Etude de la corrélation entre langage écrit et perception des mouvements biologiques dans le développement typique de l'enfant et le développement atypique de l'enfant dyslexique

La perception des mouvements est une capacité innée permettant de détecter un mouvement humain à partir de très peu d'informations visuelles. Récemment, la communauté scientifique a démontré des liens patents entre le langage oral et la perception des mouvements. Notamment en démontrant l'efficacité de rééducations utilisant l'observation d'actions dans le cas d'atteinte spécifique du langage pour les verbes.

Cependant, très peu d'auteurs se sont intéressés au langage écrit. A notre connaissance, seule une expérience menée chez l'adulte a permis de démontrer l'existence d'une corrélation entre la lecture de verbes et la perception des mouvements biologiques (Vinel, 2013). Dans ce contexte, l'objectif de notre étude était de démontrer une difficulté des enfants dyslexiques dans la perception des mouvements biologiques et de vérifier l'existence d'une corrélation entre le jugement de verbes d'actions et le jugement de mouvements humains chez les enfants dyslexiques et normo-lecteurs. Pour cela, nous avons proposé à 19 enfants normo-lecteurs et 19 enfants dyslexiques, tous âgés entre 9 et 11 ans, une épreuve de décision lexicale contenant des noms et des verbes et une tâche de décision de mouvements contenant des mouvements biologiques et des non-biologiques. Les résultats de cette expérience n'ont pas révélé la corrélation attendue que ce soit chez les enfants dyslexiques que chez les normo-lecteurs. Cependant, nous avons pu mettre en évidence une difficulté spécifique dans la reconnaissance des mouvements humains chez les enfants dyslexiques. A partir de ces résultats, une seconde expérience a été menée afin d'évaluer dans quelle mesure un entraînement spécifique associant la lecture de verbes et l'observation des mouvements correspondants pouvait améliorer les performances en reconnaissance de mouvements des enfants dyslexiques et si cet entraînement avait également des conséquences sur le niveau de lecture de ces enfants. Six enfants dyslexiques âgés entre 9 et 11 ans, ont participé, durant 4 semaines à hauteur d'une séance par semaine, à cet entraînement. Les résultats n'ont pas révélé d'amélioration en lecture de verbes, mais ont permis d'améliorer significativement les performances en reconnaissance d'actions des enfants dyslexiques.

Mots Clés :

Lecture de verbes - perception de mouvements humains - dyslexie - comorbidités - système miroir - rééducation orthophonique.

