



HAL
open science

Apport d'un entraînement spécifique de la mémoire de travail chez les enfants précoces avec troubles des apprentissages du langage écrit : étude de cas

Samia Mrani Alaoui

► To cite this version:

Samia Mrani Alaoui. Apport d'un entraînement spécifique de la mémoire de travail chez les enfants précoces avec troubles des apprentissages du langage écrit : étude de cas. Sciences cognitives. 2012. dumas-00730769

HAL Id: dumas-00730769

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00730769>

Submitted on 11 Sep 2012

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

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

Samia MRANI ALAOUI
Née le 04/12/1985

APPORT D'UN ENTRAÎNEMENT SPÉCIFIQUE
DE LA MÉMOIRE DE TRAVAIL
CHEZ LES ENFANTS PRÉCOCES
AVEC TROUBLES DES
APPRENTISSAGES DU LANGAGE ÉCRIT.
ETUDE DE CAS

Mémoire pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste
Département d'Orthophonie
Université Victor Segalen Bordeaux 2

Année universitaire 2011/2012

Je remercie Mme François-Saint-Cyr, pour avoir accepté de diriger ce mémoire, pour ses conseils, sa disponibilité, sa compréhension et son immense patience.

Je remercie l'ensemble de l'équipe du collège LESTONNAC pour leur accueil et leur soutien, sans qui ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour.

Je remercie N. et E., ainsi que leur famille pour leur participation active et la confiance qu'ils m'ont accordée.

Je remercie Mme Baggio, Mme Bourdy-Fouchet et Mme Jacques pour l'intérêt qu'elles ont portés à cette étude et pour avoir accepté de faire partie de mon jury de soutenance.

Enfin, je remercie mes amis, ma famille et mon fiancé qui m'ont accompagnée et soutenue tout au long de ce travail et de ma formation.

Sommaire

Introduction.....	5
1. Habiletés cognitives.....	7
1.1 De l'intelligence.....	7
1.1.1 Aux origines du concept d'intelligence :.....	7
1.1.2 Les différentes conceptions de l'intelligence.....	9
1.1.2.1 Lashley et l'équipotentialité.....	9
1.1.2.2 La conception unifactorielle de Spearman.....	11
1.1.2.3 Les conceptions multifactorielles.....	12
1.1.2.4 Sternberg et la théorie triarchique.....	14
1.1.2.5 Gardner : les intelligences multiples.....	15
1.1.3 Les déterminants de l'intelligence.....	17
1.1.3.1 La génétique.....	17
1.1.3.2 L'environnement.....	17
1.1.4 Le développement de l'intelligence : la théorie piagétienne.....	18
1.2 ...A son évaluation.....	19
1.2.1 Les bases de la construction d'un test psychométrique.....	19
1.2.2 Revue de quelques tests psychométriques.....	21
1.2.2.1 Le Binet-Simon ¹⁴ : précurseur du test psychométrique.....	21
1.2.2.2 Le K-ABC.....	22
1.2.2.3 Zoom sur la WISC IV et Wechsler.....	23
1.3 Particularités du haut potentiel intellectuel.....	25
1.3.1 Précocité, Douance, Haut potentiel, qu'est-ce que c'est?.....	25
1.3.2 Les différentes théories autour de la précocité.....	26
1.3.3 Douance et développement cognitif.....	28
1.3.4 Douance et fonctionnement cognitif.....	30
1.3.5 Douance et neurobiologie.....	31
1.3.6 Précocité intellectuelle et scolarité.....	31
2. La mémoire de travail.....	34
2.1. Généralités et définition.....	34
2.2 Les modèles de la mémoire de travail.....	34
2.2.1 Modèle de Atkinson et Shiffrin (1968).....	34
2.2.2 Modèle de Baddeley et Hitch (1974).....	35
2.3 Le développement de la mémoire de travail.....	39
2.4 Fonctionnement de la mémoire de travail.....	40
3- Les troubles des apprentissages du Langage Écrit.....	42
3.1 De l'apprentissage de la lecture.....	42
3.1.1 L'apprentissage de la lecture.....	42
3.1.2 Les pré-requis à l'apprentissage du langage écrit.....	42
3.1.3 Les modèles de l'apprentissage de la lecture.....	43
3.1.3.1 Le modèle de Frith.....	43
3.1.3.2 Le modèle connexionniste.....	43
3.1.3.3 Le modèle de Morton et Patterson puis Shewell.....	44
3.1.3.4 Le modèle de Seymour.....	44
3.2 ...et de l'acquisition de l'orthographe.....	46
3.2.1 Lien entre lecture et orthographe.....	46
3.2.2 L'acquisition de l'orthographe.....	47

3.2.3 Les voies de l'orthographe.....	49
3.3 ...aux pathologies du langage écrit.....	49
3.3.1 La ou les dyslexies.....	49
3.3.1.1 Définition.....	49
3.3.1.2 Classification des dyslexies.....	50
a) Dyslexie phonologique.....	50
b) Dyslexie de surface.....	50
c) Dyslexie mixte.....	50
d) Dyslexie visuo-attentionnelle.....	51
3.3.2 La ou les dysorthographies.....	51
3.3.2.1 Définition.....	51
3.3.2.2 Classification.....	52
a) Dysorthographie phonologique (Shallice et Warrington 1980).....	52
b) Dysorthographie de surface (Shallice, Warrington et McCarthy 1983).....	52
3.3.3 Pour finir : l'évaluation des troubles spécifiques du langage écrit.....	53
4- Lien entre langage écrit et mémoire de travail.....	55
4.1 La compréhension de la lecture.....	55
4.1.1 Définition et mécanisme de la compréhension de la lecture.....	55
4.1.2 Mémoire de travail et compréhension de la lecture.....	55
4.2 La production écrite.....	56
4.2.1 Définition et procédures de la production écrite.....	56
4.2.2 Production écrite et mémoire de travail.....	58
5. Expérimentation.....	59
5.1. Problématique.....	59
5.2 Hypothèse.....	59
5.3 Population.....	60
5.4 Bilan initial et outils de bilan.....	61
5.4.1 Le bilan psychométrique.....	61
5.4.2 Le bilan orthophonique.....	62
5.4.3 L'évaluation de la mémoire de travail.....	63
5.5 Protocole d'entraînement de la mémoire de travail.....	64
5.6 Rééducations orthophoniques parallèles.....	65
6. Résultats de l'expérimentation.....	66
6.1 L'enfant N.....	66
6.1.1 L'évaluation initiale de l'enfant N.....	66
6.1.1.1 L'évaluation psychométrique de l'enfant N.....	66
6.1.1.2 L'évaluation orthophonique de l'enfant N.....	67
a) La lecture de N.....	67
Tableau 1 : La lecture de N.....	67
b) La compréhension en lecture de N.....	67
Tableau 2 : La compréhension de N.....	67
c) L'orthographe de N.....	68
Tableau 3 : L'orthographe de N.....	68
d) Synthèse.....	68
6.1.1.3 L'évaluation de la mémoire de travail de l'enfant N.....	69
Tableau 4 : La mémoire de travail de N.....	69
6.1.2 La prise en charge de l'enfant N.....	69
6.1.3 L'évaluation finale de l'enfant N.....	76
6.1.3.1 L'évaluation orthophonique de l'enfant N.....	76
a) La lecture de N.....	76

Tableau 5 : Les voies de lecture de N.....	76
b) La compréhension en lecture de N.....	76
Tableau 6 : La compréhension de lecture de N.....	76
c) L'orthographe de N.....	77
Tableau 7 : L'orthographe de N.....	77
6.1.3.2 L'évaluation de la mémoire de travail de l'enfant N.....	77
Tableau 8 : La mémoire de travail de N.....	77
6.2 L'enfant E	78
6.2.1 L'évaluation initiale de l'enfant E.....	78
6.2.1.1 L'évaluation psychométrique de l'enfant E.....	78
6.2.1.2 L'évaluation orthophonique de l'enfant E.....	79
a) La lecture de E.....	79
Tableau 9 : La lecture de E.....	79
b) La compréhension en lecture de E.....	79
Tableau 10 : La compréhension de lecture de E.....	79
c) L'orthographe de E.....	80
Tableau 11 : L'orthographe de E.....	80
d) Synthèse.....	80
6.2.1.3 L'évaluation de la mémoire de travail de l'enfant E.....	81
Tableau 12 : La mémoire de travail de E.....	81
6.2.2 La prise en charge de l'enfant E.....	81
6.2.3 L'évaluation finale de l'enfant E.....	88
6.2.3.1 L'évaluation orthophonique de l'enfant E.....	88
a) La lecture de E.....	88
Tableau 13 : Les voies de lecture de E.....	88
b) La compréhension en lecture de E.....	88
Tableau 14 : La compréhension de lecture de E.....	88
c) L'orthographe de E.....	89
Tableau 15 : L'orthographe de E.....	89
6.2.3.2 L'évaluation de la mémoire de travail de l'enfant E.....	89
Tableau 16 : La mémoire de travail de E.....	89
7. Analyse et discussion.....	90
7.1 Comparaison des résultats.....	90
7.1.1 Comparaison des résultats en lecture.....	90
7.1.1.1 L'évolution de la lecture de N.....	90
Tableau 17 : L'évolution de la lecture de N.....	90
7.1.1.2 L'évolution de la lecture de E.....	91
Tableau 18 : L'évolution de la lecture de E.....	91
7.1.1.3 Synthèse de l'évolution de la lecture chez les deux sujets :.....	91
7.1.2 Comparaison des résultats en compréhension en lecture.....	92
7.1.2.1 L'évolution de la compréhension en lecture de N.....	92
Tableau 19 : L'évolution de la compréhension de lecture de N.....	92
7.1.2.2 L'évolution de la compréhension en lecture de E.....	93
Tableau 20 : L'évolution de la compréhension de lecture de E.....	93
7.1.2.3 Synthèse de l'évolution de la compréhension en lecture des deux sujets :.....	93
7.1.3 Comparaison des résultats en orthographe.....	94
7.1.3.1 L'évolution de l'orthographe de N.....	94
Tableau 21 : L'évolution de l'orthographe de N.....	94
7.1.3.2 L'évolution de l'orthographe de E.....	95
Tableau 22 : L'évolution de l'orthographe de E.....	95

7.1.3.3 Synthèse de l'évolution de l'orthographe des deux sujets.....	95
7.1.4 Comparaison des résultats en mémoire de travail.....	96
7.1.4.1 L'évolution de la mémoire de travail de N.....	96
Tableau 23 : L'évolution de la mémoire de travail de N.....	96
7.1.4.2 L'évolution de la mémoire de travail de E.....	96
Tableau 24 : L'évolution de la mémoire de travail de E.....	96
7.1.4.3 Synthèse de l'évolution de la mémoire de travail chez les deux sujets.....	97
7.2 Analyse des résultats.....	97
7.2.1 Sur le plan quantitatif.....	97
7.2.1.1 La lecture.....	97
Tableau 25 : Comparaison des résultats en lecture.....	97
7.2.1.2 La compréhension en lecture.....	98
Tableau 26 : Comparaison des résultats en compréhension de lecture.....	98
7.2.1.3 L'orthographe.....	99
Tableau 27 : Comparaison des résultats en orthographe.....	99
7.2.1.4 La mémoire de travail.....	99
Tableau 28 : Comparaison des résultats en mémoire de travail.....	99
7.2.2 Sur le plan qualitatif.....	100
7.2.2.1 La lecture.....	100
7.2.2.2 La compréhension en lecture.....	100
7.2.2.3 L'orthographe.....	100
7.2.2.4 La mémoire de travail.....	100
7.3 Discussion.....	101
7.3.1 Les difficultés, biais et limites de l'expérimentation.....	101
7.3.1.1 Les difficultés, biais et limites de l'expérimentation liés au contexte.....	101
7.3.1.2 Les difficultés, biais et limites de l'expérimentation liés aux exercices proposés..	102
7.3.1.3 Les difficultés, biais et limites de l'expérimentation liés à l'évaluation.....	103
7.3.2 L'apport de l'expérimentation.....	105
7.3.3 Quelles suites donner à cette expérimentation ?.....	107
Conclusion.....	109
Bibliographie.....	110
Annexes.....	118

Introduction

Les enfants intellectuellement précoces peuvent être atteints de troubles spécifiques du langage écrit, pathologies non liées à l'intelligence. Dans le cadre de ces pathologies, il peut être intéressant d'étudier les particularités cognitives de ces enfants, ainsi que leurs capacités de transfert de compétences.

La mémoire de travail est un système de maintien temporaire de l'information qui en permet la manipulation. Elle est considérée comme un pré-requis à l'apprentissage du langage écrit et intervient dans la lecture, la compréhension du langage écrit, la production de l'écrit et l'orthographe. Une mémoire de travail déficitaire peut donc engendrer des difficultés dans l'apprentissage du langage écrit et des difficultés supplémentaires en cas de dyslexie-dysorthographe.

Etant donnée l'importance de la mémoire de travail dans l'apprentissage du langage écrit et les particularités cognitives des enfants intellectuellement précoces, nous avons émis l'hypothèse qu'un entraînement spécifique de la mémoire de travail, chez des enfants précoces avec une mémoire de travail déficitaire et un trouble spécifique des apprentissages du langage écrit pourrait, en raison de leurs capacités particulières, avoir un impact positif sur leur dyslexie-dysorthographe. Une mémoire de travail plus performante, à condition qu'une généralisation de cette compétence s'effectue, peut-elle améliorer la compréhension du langage écrit et la production écrite?

Ainsi, dans une première partie, nous étudierons la précocité intellectuelle et sa référence logique: l'intelligence. Nous ferons un tour d'horizon des théories sur l'intelligence et son évaluation. De plus, nous nous attacherons à définir et à décrire la précocité intellectuelle, ses théories et ses spécificités.

Dans la seconde partie, nous nous intéresserons à la mémoire de travail et à ses modèles. Nous nous pencherons également sur son fonctionnement et ses différentes composantes.

Nous centrerons la troisième partie sur le langage écrit, ses modèles de développement et son apprentissage. Nous poursuivrons avec les pathologies qui y sont liées: dyslexies et dysorthographies.

La quatrième partie s'intéressera aux liens entre la mémoire de travail et le langage écrit aussi bien sur le versant de la lecture que sur celui de l'orthographe.

Nous aborderons dans la cinquième partie la description de notre étude visant à confirmer ou infirmer notre hypothèse de travail. Pour cela, nous avons proposé à deux enfants correspondants aux critères de précocité et souffrant d'un déficit de la mémoire de travail et d'une dyslexie-dysorthographe un entraînement progressif de la mémoire de travail sur la base d'un protocole de

rééducation de la mémoire de travail créé pour cette étude.

Pour finir, dans les deux dernières parties, nous examinerons les résultats de notre étude sur le plan quantitatif et qualitatif au niveau de l'évolution de la lecture, de la mémoire de travail et de l'orthographe. Ces résultats nous permettront de confirmer ou d'infirmier notre hypothèse de travail et d'ouvrir des pistes de réflexions sur les résultats de cette étude et les suites qui peuvent lui être données.

1. Habiletés cognitives

1.1 De l'intelligence...

Afin de définir ce qu'est un enfant précoce, une question s'impose : qu'est-ce que l'intelligence? Celle-ci reste un concept dont nous ne connaissons pas la nature mais plutôt son utilité et son usage. Ce concept reste peu défini quel que soit le domaine qui s'en soit préoccupé (philosophie, sciences de la cognition, psychologie). Toutefois, selon Revol et Fourneret⁶⁵, ces trois domaines s'accordent pour en fournir la définition suivante : c'est « un ensemble de processus mentaux nécessaires à la réalisation d'activités abstraites et hautement élaborées, comme le raisonnement, la symbolisation, la classification... » Si cette définition est communément admise, elle n'en est pas moins insuffisante et peu précise. Il conviendrait également de tenir compte dans la notion d'intelligence de l'utilisation du langage, de la mémoire...

De plus, d'après Gottfredson³⁰, l'intelligence ne peut se limiter à « l'apprentissage livresque, ni à une aptitude scolaire très circonscrite, ni aux habiletés spécifiquement reliées à des tests mentaux ». Aussi il peut être envisageable que l'adaptation sociale et environnementale, les capacités d'apprentissage, la créativité, la réactivité fassent partie de l'intelligence.

Cela dit avant même d'en arriver à ces différentes conceptions, de nombreuses études ont été menées pour aboutir au final à l'intelligence. Afin de comprendre cette difficulté à cerner ce qu'elle est et le pourquoi de ces différentes conceptions, il convient de s'intéresser au commencement de son étude.

1.1.1 Aux origines du concept d'intelligence :

D'après Weidman¹¹⁵, aux origines de l'intelligence, les scientifiques se penchèrent sur l'étude du cerveau, siège des fonctions mentales et du concept qui nous intéresse : l'intelligence.

L'histoire commence au XIX^{ème} siècle avec la phrénologie, discipline fondée et portée par Franz Joseph Gall qui visait à déterminer où dans le cerveau étaient les sièges de différentes fonctions cognitives complexes comme la mémoire, l'attention, l'intelligence, etc. Cette théorie localisationniste telle que conçue par Gall estimait que chaque fonction était portée par une zone précise du cortex cérébral et que l'on pouvait déchiffrer les forces et les faiblesses d'un individu par

l'analyse des « bosses » du crâne.

En 1820, le physiologiste français Pierre Flourens met en doute la conception de Gall et défend une conception unitaire de l'esprit où le cerveau doit être considéré comme un tout et non comme l'addition de fonctions différentes.

En parallèle du développement de ce courant de la neurologie menée par Gall, le physiologiste écossais Charles Bell va découvrir en 1811 que les fonctions motrices et sensorielles de l'être humain correspondent à des zones différentes du système nerveux : les racines ventrales (pour les commandes motrices) et dorsales (pour les stimuli sensoriels) des nerfs spinaux. Cette découverte sera confirmée en 1822 par François Magendie, physiologiste français.

Dans les années 1830 Muller et Hall démontrèrent une connexion entre ces deux types de nerfs entraînant une réponse réflexe à la base de tout mouvement non-intentionnel. Par la suite, cette découverte donna lieu à de nombreuses interrogations : jusqu'où pouvait-on se servir de ce concept de réflexe ? Si ce concept était très utile pour expliquer les comportements automatiques et les fonctions inférieures, pouvait-on également l'appliquer aux fonctions supérieures ? Le réflexe parcourait-il le cerveau, était-il la base de l'intellect ? La réponse à cette époque fut oui, notamment donnée par le physiologiste russe Sechenov qui en 1863 considérait le réflexe comme « l'unité de base de toutes les fonctions psychologiques ».

En 1862, Paul Broca, professeur de pathologie chirurgicale, découvre que la 3ème circonvolution du lobe frontal est responsable de la parole, cela appuiera la thèse localisationniste selon laquelle chaque zone d'un cerveau est responsable d'une fonction. Néanmoins Broca s'oppose à la théorie de Gall selon laquelle les forces et faiblesses d'un individu seraient lisibles sur les « bosses » du crâne.

En 1870, Jackson, neurologue anglais, s'appuya également sur cette notion de réflexe pour affirmer que le cerveau était un appareil sensori-moteur qui ne pouvait développer d'idée innée mais uniquement des idées complexes se développant par le biais de connexions ou d'associations entre les sensations perçues et les réponses motrices qu'elles entraînaient. D'autre part, Jackson, en se basant sur l'étude de patients épileptiques, développa l'idée essentielle d'une organisation topographique du cortex cérébral entraînant une représentation ordonnée du corps dans une zone corticale précise. Toutefois, si Jackson s'appuie sur la notion de réflexe, celle-ci a une faille importante : si elle peut expliquer le lien sensation/mouvement (fonction inférieure), elle n'explique

pas le passage à une fonction supérieure comme celle du langage. Jackson est dans l'impasse et ne trouve pas de lien direct entre la physiologie et l'émergence de l'esprit. Finalement il se rallie à la philosophie du parallélisme pour expliquer que « d'une façon ou d'une autre » les lois d'associations entre sensations et mouvements produisent les fonctions mentales supérieures : pendant que les réflexes se créent, en parallèle se produisent les idées complexes.

Enfin, en 1874, Wernicke suppose que les fonctions mentales complexes ne peuvent être localisées dans des parties du cortex cérébral. Pour Wernicke, les fonctions mentales complexes laissent des traces sensorielles détectables dans les aires corticales correspondantes aux aires sensorielles et motrices concernées. Ce sont ces traces qui, lorsqu'elles sont reliées par des arcs réflexes, entraînent l'émergence des fonctions mentales supérieures comme le langage. Wernicke sera suivi par bien d'autres scientifiques qui, s'appuyant sur ses hypothèses théoriques et la méthodologie de Broca, découvriront les sièges de nombreuses fonctions mentales comme le calcul, l'écriture...

Toutefois, si Wernicke trouve des réponses pour réduire le fossé entre le fonctionnement réflexe du cerveau de Jackson et les fonctions mentales supérieures comme la découverte des aires cérébrales impliquées dans le langage, l'explication reste encore floue et peu satisfaisante.

Ainsi malgré les efforts de Wernicke, l'écart entre les fonctions inférieures et fonctions supérieures ne trouve toujours pas d'explication.

Nous arrivons ainsi au début du XXème siècle, à l'époque où différentes conceptions de l'intelligence vont prendre forme suite à toutes les découvertes réalisées durant ce siècle.

1.1.2 Les différentes conceptions de l'intelligence

Sans se prétendre exhaustif, ce chapitre fera un tour d'horizon des grandes théories sur l'intelligence développées au cours du dernier siècle. De plus nous avons volontairement exclu de ce chapitre les théories plus développementales de l'intelligence sur lesquelles nous reviendrons plus tard.

1.1.2.1 Lashley et l'équipotentialité

Dans les années 1920, Lashley³⁹, neurophysiologiste, psychologue et comportementaliste américain, père de la neuropsychologie, chercha à corrélérer intelligence et fonctionnement cérébral. Pour lui, la psychologie et la neurologie étaient profondément imbriquées et dépendaient l'une de l'autre.

Karl Lashley se pencha pour commencer sur les découvertes de ses prédécesseurs. A son sens, la cartographie du cerveau établie par ses prédécesseurs était trop grossière et trop sujette aux variations interindividuelles pour pouvoir servir de support à l'étude du fonctionnement des aptitudes mentales humaines. De plus, s'il admet que les facultés mentales peuvent être issues de certaines aires corticales, il refuse l'idée qu'elles puissent être aussi précisément localisées et pense qu'elles sont plutôt distribuées. Enfin Lashley va s'opposer à la thèse dominante à l'époque selon laquelle l'esprit résiderait dans les connexions réflexes gouvernant les fonctions inférieures.

Partant de là, les fonctions inférieures ne peuvent être utilisées comme base à l'étude des fonctions supérieures, celles-ci doivent faire l'objet d'expérimentations spécifiques.

Lashley va également postuler que l'esprit peut être composé de connexions réflexes mais pas uniquement, qu'il convient de l'étudier dans sa globalité en alliant psychologie et physiologie. D'ailleurs, il va remplacer l'ensemble des facultés mentales découvertes par les localisationnistes par une seule et même notion unissant le mental au physique : l'intelligence. Lashley va ainsi se réapproprier un terme usité pour nommer cette entité mentale et biologique, ayant des dimensions physiologiques et psychologiques, permettant de réconcilier ce qui, jusqu'à présent, était séparé par un fossé par les localisationnistes : le corps et les aptitudes mentales.

Ainsi Lashley propose sa théorie, suite notamment à ses expériences sur les rats. On distinguera deux grands principes :

-l'équipotentialité : toutes les parties du cerveau peuvent assumer toutes les fonctions. Lashley a déduit cela d'une expérience au cours de laquelle, quelle que fut la partie du cerveau qu'il enlevait à un rat, celui-ci ne perdait pas sa mémoire ni ses capacités d'apprentissage.

-l'action de masse : un cerveau peut continuer à fonctionner normalement en ne disposant que d'une certaine quantité de sa masse. Ce principe fut déduit par Lashley de ces mêmes expériences sur les rats, où il constata que ces derniers ne perdaient leurs capacités que si l'ablation concernait plus de 50% de leur masse cérébrale.

Lashley considérait donc le cerveau comme un tout et l'esprit comme une structure émergeant du système et non de connexions réflexes en soi ou de certaines aires corticales en particulier. Pour Lashley « la conscience consiste en structures et en suites particulières de réactions qui interagissent et les attributs de la conscience peuvent être définis en termes de réactions et de succession de réactions ».

Toutefois la théorie de Lashley sera fortement remise en cause suite aux avancées importantes des localisationnistes et de leurs recherches sur le cerveau. De plus, Lashley utilisait dans ses expériences des labyrinthes qui impliquent de nombreuses fonctions mentales. L'utilisation des labyrinthes impliquait donc un biais de taille remettant en question ces deux principes fondateurs de

la théorie de Lashley.

1.1.2.2 La conception unifactorielle de Spearman

Charles Spearman⁷² est un psychologue anglais du début du XXème siècle à l'origine de l'analyse factorielle en statistique.

En 1927, il synthétise sa théorie sur l'intelligence dans son ouvrage « les aptitudes de l'homme ». En s'appuyant sur des mesures psycho-physiques, des tests d'intelligence et des mesures scolaires, il découvre de fortes corrélations positives entre ces différentes épreuves.

Il en déduit donc l'existence de ce qu'il nomme le facteur « g » qui se combine à des facteurs spécifiques à chaque tâche intellectuelle. Spearman partant d'une conception unifactorielle basée sur le facteur « g », aboutit à un modèle bifactoriel de fonctionnement composé du facteur « g » et des facteurs spécifiques.

Spearman définit le facteur « g » comme une sorte d'énergie mentale possédée par un individu pour réaliser une performance intellectuelle.

Le facteur « g » serait l'aptitude à utiliser trois principes fondamentaux de la cognition :

–l'appréhension de l'expérience : les individus sont plus ou moins conscients de ce qui se produit dans leur esprit.

–l'éduction des relations : l'individu est plus ou moins capable de trouver des relations entre deux idées.

–l'éduction des corrélats : l'individu est plus ou moins capable de trouver une idée corrélative à la donnée d'une idée et d'une relation.

Ce facteur « g » aurait un rôle crucial pour l'intelligence générale, dans les tâches de discrimination sensorielle et les capacités mnémoniques. D'après Spearman, « g » est héréditaire mais peut évoluer. Le facteur « g » serait une propriété de la totalité du cerveau, impliquant la totalité du cortex cérébral.

Pour mesurer « g », Spearman propose d'utiliser les épreuves de test les plus saturés en « g », soit les épreuves dont les corrélations moyennes sont les plus élevées parmi les épreuves cognitives proposées. Ces épreuves seront généralement des tâches de raisonnement non-verbal. Ainsi Spearman apprécie tout particulièrement le test Binet-Simon qui selon lui évalue bien le facteur « g ».

Néanmoins, la théorie de Spearman fut délaissée en raison de son extrême simplicité perçue comme réductrice. De plus Spearman ne rend pas compte des différentes composantes de l'intellect et des champs qu'il recouvre.

1.1.2.3 Les conceptions multifactorielles

Ces conceptions se sont vues déclinées par plusieurs scientifiques et ont toutes pour point commun de proposer un modèle de structuration de l'intelligence et de décomposition en plusieurs strates ou facteurs.

–Thurstone¹¹² : le modèle des aptitudes multiples

Louis Léon Thurstone est un psychologue américain qui s'opposera au simplisme de Spearman.

Il étudie en 1938 les corrélations entre les performances dans plusieurs tests intellectuels. De cette étude, il fera émerger des facteurs grâce à l'identification de corrélations intrafacteurs élevées et de corrélations interfacteurs faibles.

Thurstone propose un modèle des aptitudes multiples, sachant qu'il considère que les aptitudes sont les possibilités des personnes à réaliser plus ou moins difficilement des tâches cognitives.

Thurstone, dans le cadre de cette théorie identifiera 7 facteurs à la base de l'intelligence :

- la compréhension verbale : le vocabulaire et la compréhension du langage ;
- la fluidité verbale : la capacité à produire des informations langagières nombreuses et variées ;
- le facteur numérique : la capacité à traiter des informations chiffrées précisément et rapidement ;
- le facteur spatial : la capacité à analyser des relations géométriques et à visualiser des éléments dans l'espace ;
- la mémoire : la capacité à assimiler des informations ;
- la vitesse perceptive : la capacité à repérer des similitudes et des différences au niveau d'éléments basiques ;
- le raisonnement : la capacité à résoudre des problèmes par des procédés logiques, en déduisant des règles générales de cas particuliers.

En 1947, Thurstone identifiera par une analyse de second ordre un facteur d'intelligence général, rejoignant ainsi en partie la théorie de Spearman.

–Le cube de Guilford⁹⁶

Joy Paul Guilford est un psychologue américain qui propose une approche tridimensionnelle de l'intelligence, chaque dimension correspondant à un ensemble de composantes de l'intelligence. Guilford rejette l'utilité d'un facteur « g » au profit d'une multitude de facteurs indépendants dont il élèvera le nombre à 120 dont 100 identifiés au cours de ses recherches.

Il propose de structurer l'intelligence en trois grands ensembles :

- les opérations qui expriment la nature de l'activité intellectuelle : cognition, mémoire, évaluation...
- les contenus, c'est-à-dire les catégories de contenu des items : visuel, auditif, sémantique, comportemental ;
- les productions, soit les structures produites par la pensée : unité (élément unitaire d'information), classe (groupe d'unités), relations, système (ensemble de relations entre plusieurs éléments), transformations...

Néanmoins la théorie sera contestée notamment sur l'indépendance des facteurs: le modèle n'a jamais été validé compte-tenu de l'ampleur de l'entreprise.

Toutefois le modèle présente des avantages notamment en termes de démarche analytique et peut servir de base à la construction de tests d'intelligence.

–Cattell et Horn^{33, 34} : l'intelligence fluide et l'intelligence cristallisée

Raymond B. Cattell et John L. Horn, psychologues, distinguent deux grandes notions : l'intelligence fluide et l'intelligence cristallisée ainsi que sept facteurs complémentaires. En faveur de cette thèse, on retrouve des arguments structuraux, des arguments développementaux (avec des études sur des personnes âgées sur l'évolution du niveau de ces deux intelligences), neurocognitifs, éducationnels et génétiques. Cet ensemble d'éléments fait de cette théorie l'une des plus reconnues dans la communauté scientifique.

Les deux psychologues définissent l'intelligence cristallisée comme une intelligence issue de l'expérience, elle traduit les capacités de l'individu à mettre à profit son éducation et sa culture, elle montre les capacités de l'individu à tirer le maximum de son environnement pour son intellect. Elle correspondrait plutôt à des épreuves verbales (compréhension verbale, vocabulaire, culture générale...).

L'intelligence fluide, quant à elle, est innée, indépendante de l'environnement et des acquisitions. Elle s'intéresse aux processus de base du raisonnement sur des éléments abstraits, non-familiers et

non-verbaux. Son origine est essentiellement génétique. On la mesurera plutôt avec des épreuves sur l'identification de concepts, l'identification de relation entre items, le raisonnement.

Enfin à ces deux types d'intelligences, Cattell et Horn ajoutent 7 facteurs : mémoire à court terme, mémoire à long terme, traitement visuel, traitement auditif, vitesse de traitement, vitesse de décision correcte et connaissance quantitative.

Certains concepteurs de tests d'intelligence américains tel Kaufman⁹⁷ se sont appuyés sur cette théorie pour la construction de leur test.

–Carroll ⁸⁷: le modèle CHC

John B. Carroll va s'intéresser au modèle proposé par Cattell et Horn se l'approprier, le modifier et même le valider créant ainsi le modèle appelé CHC : Cattell, Horn, Carroll.

En effet, John B. Carroll va proposer un modèle hiérarchique reprenant les concepts de Cattell et Horn et les enrichissant.

Pour Carroll, l'esprit est structuré en trois strates. La première strate est composée des facteurs spécifiques, environ une trentaine, la seconde strate est composée de 8 facteurs très proches des 7 identifiés par Cattell et Horn, la créativité étant le facteur ajouté, enfin, la troisième strate est constituée du fameux facteur « g » de Spearman.

Carroll a également validé son modèle en réanalysant les données de centaines de recherches menées entre 1925 et 1987 sur plus de 130 000 sujets. Il publie les résultats de ses recherches dans un ouvrage intitulé « Les aptitudes cognitives humaines » en 1993.

1.1.2.4 Sternberg et la théorie triarchique

Sternberg^{109, 110} à la fin du XXème siècle souhaite étudier l'intelligence du point de vue de la compréhension de son fonctionnement et des processus qui la sous-tendent.

Ainsi en 1985, il propose une théorie triarchique en ce sens qu'il va décrire l'intelligence comme un système composé de trois pôles :

– l'approche componentielle qui concerne le fonctionnement des processus mentaux tels que le raisonnement et l'acquisition de connaissances. Cela va se structurer en 3 groupes d'éléments étudiés. Tout d'abord, les métacomposantes, des processus de niveau supérieur qui guident les composantes d'acquisition de connaissances et les composantes de performances. Ces métacomposantes ont un rôle essentiel : elles identifient le problème, l'évaluent, décident de l'action, choisissent la stratégie à mettre en œuvre, la planifient. Puis les composantes de

performances prennent le relais pour accomplir les décisions des métacomposantes en faisant appel à des processus cognitifs de plus bas niveau comme l'encodage d'information, la justification de décision, l'inférence, etc. Enfin les composantes d'acquisition des connaissances vont entrer en action après les deux groupes précédemment cités pour en tirer profit et effectuer un apprentissage à partir de ce qu'il s'est passé. Elles utilisent 3 procédés: l'encodage sélectif (repérer ce qui est pertinent), la combinaison sélective (associer les éléments) et la comparaison sélective (allier la nouvelle information à une ancienne).

– l'approche expérientielle, l'interaction entre l'expérience et l'intelligence que Sternberg décompose en deux processus : la capacité à automatiser les procédures de traitement de l'information et la faculté d'adaptation. On notera dans cette approche la forte influence de Cattell et Horn. La première facilite l'acquisition de processus en libérant d'autres processus d'automatisation ce qui augmente la vitesse de traitement, facteur identifié par Cattell et Horn. La seconde est la capacité à mettre à profit ses expériences et son éducation comme décrit dans l'intelligence cristallisée de Cattell et Horn.

– l'approche contextuelle quant à elle s'intéresse à l'environnement de l'individu et à son interaction avec ce dernier. Cette approche donne lieu à trois possibilités pour Sternberg : la capacité de l'individu à s'adapter à son environnement, la capacité de l'individu à adapter l'environnement à ses besoins, la capacité de l'individu à changer d'environnement si besoin est, même aux dépens d'un autre.

De par ces deux dernières approches, Sternberg va développer le concept d'intelligence pratique qui consiste en une sorte d'intelligence de l'adaptation sociale : celle-ci se développerait avec l'âge et l'expérience sans l'aide directe d'autrui, sans connaissances académiques particulières et s'exprimerait notamment en milieu professionnel.

Cependant, la théorie plutôt d'orientation cognitiviste de Sternberg, si elle se trouve être novatrice et particulièrement intéressante de par son analyse en termes de structures et de processus, a également ses faiblesses. En effet, si certaines parties de sa théorie ont fait l'objet de nombreuses recherches (comme l'approche componentielle), certaines autres parties mériteraient d'être plus explorées pour gagner en validité scientifique.

1.1.2.5 Gardner : les intelligences multiples

En 1983, Howard Gardner⁹⁰ présente une théorie originale de l'intelligence menée avec une méthode inédite et souhaite réduire l'aspect abstrait du concept d'intelligence en le contextualisant. Si Gardner admet l'existence d'un facteur d'intelligence générale, ce facteur ne l'intéresse pas car il

ne rend pas compte des multiples facettes de l'intelligence. Ces multiples facettes, Gardner va les découvrir en étudiant des individus particuliers : extrêmement performants dans certains domaines, victimes de lésions cérébrales, autistes et personnes ordinaires. De plus, les postulats théoriques sur lesquels se base Gardner diffèrent grandement des habitudes. En effet Gardner ne va pas se baser sur les études à grande échelle fondées sur divers tests psychométriques, mais il va s'appuyer sur l'observation d'individus talentueux, sur l'éducation de personnes handicapées et sur des constats neurologiques.

Ainsi il va dresser une liste non-exhaustive des différentes intelligences :

–Intelligence interpersonnelle : la capacité de l'individu à détecter les émotions d'autrui et s'y adapter, la capacité à comprendre l'autre ;

–Intelligence intrapersonnelle : la capacité de l'individu à s'auto-analyser, à identifier ses propres forces et faiblesses, ses valeurs ;

–Intelligence langagière : la capacité de l'individu à manier, manipuler la langue, les rimes, les récits, la capacité à jouer avec les mots, à utiliser l'humour ;

–Intelligence kinesthésique : la capacité de l'individu à maîtriser son corps, à le mouvoir en rythme, à s'exprimer avec ;

–Intelligence musicale : la capacité de l'individu à percevoir une mélodie, à la produire et à la composer ;

–Intelligence logico-mathématique : la capacité de l'individu à établir un raisonnement logique, en utilisant des chiffres ou de la géométrie ;

–Intelligence spatiale : la capacité de l'individu à visualiser mentalement des objets en deux ou trois dimensions, à les manipuler, à utiliser du matériel artistique, à coordonner l'œil et la main, à identifier ou créer des relations mécaniques entre objets.

La théorie de Gardner est une théorie assez prisée par les scientifiques étudiant la précocité intellectuelle, néanmoins elle comporte de nombreuses failles dont le peu de recherches réalisées pour la valider et la méthode qu'il utilise : l'observation en contexte du sujet. Cette dernière pose notamment le problème des différences de représentation d'un concept par les observateurs. De plus, Gardner s'intéressant à des spécificités telles, comment le modèle pourrait-il être généralisable ?

Toutefois le modèle est jeune et prometteur. De nouvelles recherches devraient être menées pour envisager de le valider.

1.1.3 Les déterminants de l'intelligence

Qu'est-ce qui est à l'origine de notre intelligence? Qu'est-ce qui la détermine? Si nous n'avons pas encore de réponse définitive à ces questions, les recherches scientifiques nous apportent tout de même quelques éléments et certaines recherches ont déjà quelques hypothèses à ce sujet.

1.1.3.1 La génétique

Si les recherches n'ont pas découvert à ce jour un gène de l'intelligence, la génétique a pourtant clairement un impact sur l'intelligence. En effet, les chercheurs ont pu découvrir des ensembles de gènes responsables de dysfonctionnements cognitifs ou de déficience intellectuelle. Bien entendu cela peut entrer dans le cadre de syndromes ayant aussi des répercussions sur d'autres plans que le plan intellectuel. Si le gène en soi n'est pas responsable directement, le fonctionnement dont il est responsable est perturbé ce qui entraînerait la pathologie.

D'autre part, de nombreuses études ont été faites sur le degré de performance intellectuelle au sein d'une même famille. Que ce soit entre parents et enfants, entre frère et sœur mais de façon peut-être encore plus frappante entre jumeaux, les résultats des études s'orientent effectivement vers une responsabilité de la génétique dans l'intelligence. Ainsi, nous pouvons émettre l'hypothèse de l'héritabilité de l'intelligence et d'un déterminisme génétique de l'intelligence. En effet, bien que les recherches donnent des réponses plutôt dans ce sens, les estimations de l'héritabilité restent grossières. De plus, les évaluations ne peuvent pas tenir compte du facteur socio-culturel et économique difficilement quantifiable et évaluable, ce qui en limite la fiabilité.

1.1.3.2 L'environnement

L'idée que l'environnement ait un impact sur l'intelligence est loin d'être dépassée alors que les théories sur un déterminisme social de la performance intellectuelle existent depuis longtemps (Vygotski¹¹³).

En effet, comment ne pas envisager que l'éducation et la médiation de l'adulte n'aient pas un impact sur la cognition d'un enfant et son développement?

Le terme environnement recouvre bien des réalités : l'éducation, l'accès à la culture, l'alimentation, la taille de la fratrie, la situation géographique, les échanges sociaux, la situation économique de la famille. Des études ont pu montrer une corrélation entre le niveau socio-culturel et l'intelligence mais également une corrélation avec chaque facteur cité précédemment, à l'exception de la place dans la fratrie. Le cas de la culture est plus délicat. En effet, celle-ci a un rôle très particulier en

raison de la diversité de son expression, de la différence de son intérêt et de son utilisation selon le milieu et le contexte.

Si l'environnement a effectivement une influence sur l'intelligence, nous ne pouvons pour autant pas conclure à un véritable déterminisme social.

Au final, tout comme la génétique, l'environnement a bien un impact sur l'intelligence mais à quelle hauteur, la question reste entière.

1.1.4 Le développement de l'intelligence : la théorie piagétienne.

Après avoir vu les théories de différents auteurs sur ce qu'est l'intelligence et ce qui contribue à la déterminer, nous nous intéresserons à la notion de développement de l'intelligence qui semble nécessaire pour se pencher plus tard sur le concept de précocité.

Jean Piaget¹⁰⁴ s'est particulièrement intéressé au développement de l'intelligence chez l'enfant et sa théorie fait encore aujourd'hui figure de modèle de référence.

Jean Piaget va différencier 4 stades dans le développement cognitif de l'enfant. Ces 4 stades se succèdent dans un ordre linéaire et continu dès la naissance et jusqu'à l'adolescence.

Le premier stade est celui de l'intelligence sensori-motrice qui se déroule de 0 à 2 ans. Ce stade est celui où l'enfant passe d'un monde centré sur lui-même à un monde stable et cohérent dans lequel il se situe. L'enfant développe des connaissances quant à l'objet, l'espace, le temps et la causalité. Pendant ces deux années, l'enfant commence à parler, à marcher et améliore sa préhension fine. Ces deux derniers éléments lui permettent d'explorer et d'emmagasiner des connaissances sur les propriétés des objets et leur utilisation. L'enfant accède à la représentation, il peut conserver une image mentale de l'objet, de la personne, à laquelle il peut se référer en son absence. Grâce à cela, l'enfant peut entrer dans le symbolique avec notamment des jeux de faire-semblant. A la fin de cette période, l'enfant s'est construit une réalité objective sur laquelle il peut agir tout en se soumettant aux lois spatiales et temporelles.

Le second stade se déroule de 2 ans à 7 ans, c'est le stade de la pensée pré-opératoire concrète. Le langage, la motricité, l'accès au symbolique et à la représentation continuent de se développer. L'enfant commence à élaborer son schéma corporel. Au niveau du raisonnement, on peut différencier ce stade en 2 sous-stades. Lors du premier sous-stade, l'enfant est centré sur son propre point de vue et ne peut raisonner que sur ce qu'il peut voir mais sans prendre en compte les opérations réalisées devant lui. Lors du second sous-stade, l'enfant se décentre et commence à construire la notion de conservation du nombre puis élabore celle de la conservation de quantités non-dénombrables. La classification et la sériation commencent à se construire.

Le troisième stade est celui de l'opérativité concrète et a lieu de 7 ans à 11/12 ans. L'enfant n'est plus esclave de sa perception pour raisonner et peut prendre en compte dans son raisonnement les opérations menées devant lui. La pensée conceptuelle commence à apparaître et avec elle la conservation de la substance, la classification et la sériation continuent de se développer. L'enfant peut raisonner sur des objets concrets ou de représentation aisée. L'intelligence sociale débute.

Le quatrième stade débute à 11/12 ans et se finit vers 15 ans. Il s'agit du stade de la pensée formelle. L'adolescent a accès à l'abstraction qui modifie tant ses relations aux autres que son raisonnement. L'adolescent développe un mode de raisonnement hypothético-déductif qu'il appliquera sur des objets concrets mais aussi sur des concepts et des idées.

La notion de l'âge est importante dans le modèle piagétien car l'âge est en lien avec la maturation physiologique. Le passage d'un stade à l'autre va dépendre aussi bien des expérimentations de l'enfant que de sa maturation neurophysiologique.

1.2 ...A son évaluation

1.2.1 Les bases de la construction d'un test psychométrique

Dans la construction d'un test psychométrique, donc visant à évaluer les performances mentales, certains critères sont indispensables d'après de nombreux auteurs dont Kaufman⁹⁷ et Grégoire⁹³.

Tout d'abord, le concepteur doit se référer à un cadre théorique selon lequel il va élaborer son test. De plus, il doit déterminer ce que son test va évaluer, ce qui dépend bien entendu du cadre théorique qu'il se sera fixé. A titre d'exemple, si le concepteur se base sur le modèle de Carroll⁸⁷, il pourra s'intéresser à l'évaluation de l'intelligence fluide alors que s'il se réfère au modèle de Spearman^{72, 108} son objectif sera d'évaluer le niveau du facteur « g ».

Ensuite le concepteur se mettra à la recherche des outils déjà élaborés pour évaluer ce qu'il cherche à évaluer et pour en déterminer l'efficacité et les limites.

Puis il devra s'attacher à déterminer les caractéristiques formelles du test soit: la durée de passation, l'interprétation en âge développemental ou en niveau, le type de matériel utilisé, la population à laquelle il s'adressera.

Le concepteur s'attachera ensuite à structurer son test. Après avoir défini ce qu'il cherche à évaluer, il s'agira de déterminer les différentes sous-catégories de l'objet de son évaluation et quels items seront inclus dans chaque sous-catégorie. Les items feront l'objet d'une attention toute particulière : ils devront être rédigés, tout en sobriété, sans erreur, sans ambiguïté, de façon précise et spécifique : ils ne devront faire intervenir que ce que l'on cherche à évaluer.

Au-delà des questions des items, il faudra également apporter un véritable soin aux réponses. Deux cas sont alors possibles : les QCM et les questions ouvertes pouvant donner lieu à une réponse orale, écrite ou dessinée. Dans le cas des QCM, il sera nécessaire de réfléchir aux distracteurs proposés afin que ces derniers soient adaptés, c'est-à-dire plausibles sans être justes. En revanche, pour les questions ouvertes, il sera nécessaire d'envisager toutes les réponses possibles et de déterminer lesquelles ou quels éléments de réponse donneront lieu à l'attribution de points.

Ensuite, il conviendra d'évaluer les items. Pour cela, il sera nécessaire d'avoir recours à une population test et d'être attentif à la sélection de l'échantillon. Celui-ci devra correspondre au plus près à la population visée par ce test et devra être constitué d'un grand nombre de sujets pour permettre une analyse statistique fiable.

De plus, lors de cette évaluation du test auprès de l'échantillon, il faudra veiller au respect de la standardisation: passation dans les mêmes conditions matérielles, dans le même laps de temps et avec les mêmes moyens matériels.

Enfin, il s'agira de réaliser une analyse statistique ou factorielle des résultats puis un étalonnage du test qui permettra d'établir la norme dans une population et de situer un individu par rapport à cette norme.

Nous avons jusqu'ici décrit brièvement les différentes étapes de la construction d'un test psychométrique mais celui-ci, après avoir été rigoureusement construit, doit impérativement répondre à 3 exigences de qualité.

En premier lieu, le test doit être fidèle. Cela signifie que sa mesure doit être constante afin que l'erreur de mesure soit faible et que l'on puisse faire confiance aux résultats du test.

Ensuite le test doit être sensible. La sensibilité consiste en la capacité à percevoir et à transcrire des variations. Plus un test est sensible, plus il est précis dans l'évaluation qu'il propose.

Enfin le test doit être valide, c'est-à-dire qu'il doit remplir ses objectifs en évaluant bien ce qu'il est sensé mesurer. On distinguera trois types de validité:

- **la validité de construit** renvoie au modèle théorique sur lequel se base le test. Elle vérifie que le test est bien construit en rapport avec sa base théorique.
- **la validité de contenu** va s'intéresser à l'organisation du test par rapport à la structure de ce qu'il doit évaluer, d'après les bases théoriques auxquelles il se réfère.
- **la validité empirique** a pour objectif de vérifier que les résultats du test se corrént avec un critère objectif ou un ensemble de comportements dans une situation donnée.

1.2.2 Revue de quelques tests psychométriques

1.2.2.1 Le Binet-Simon¹⁴ : précurseur du test psychométrique

Au début du XXème siècle, suite aux lois de Jules Ferry mettant en place l'obligation de scolarisation, on constate que des enfants ont des difficultés à suivre le rythme des apprentissages. Le ministère de l'Instruction Publique demande alors à Alfred Binet de construire un outil afin de dépister les enfants pouvant présenter ce type de difficultés.

Avant de se pencher sur le Binet-Simon, revenons sur la conception de Binet de l'évaluation de l'intelligence qui influe sur son test. Binet considère qu'un test seul ne peut évaluer l'intelligence, un test seul ne veut rien dire. L'intelligence doit être saisie dans sa globalité et ne peut être réduite à l'analyse de quelques composantes élémentaires. Sa vision est pragmatique et s'attache à la complexité de l'intelligence.

En 1905, Alfred Binet propose donc un outil pour pouvoir repérer et évaluer les retards. Les épreuves du test sont variées et complexes également pour obtenir un effet de masse permettant d'obtenir une vision globale de l'intelligence.

Cette échelle a pour objectif de mesurer le développement intellectuel de l'enfant en fonction de son âge. Binet, avec son collègue Simon va donc proposer la notion d'âge mental à comparer avec l'âge réel afin d'évaluer le niveau de développement en fonction de l'acquisition des apprentissages. Cet âge mental comparé à l'âge réel permettra de situer l'enfant soit en retard, dans la norme ou en avance. On va comparer le niveau d'acquisition de l'enfant à la norme selon laquelle telle ou telle acquisition est faite. Il est important de dissocier la notion d'âge mental du concept de quotient intellectuel (QI) qui évalue la performance mentale par rapport aux performances d'un échantillon de la population du même âge. D'ailleurs la formule de calcul du QI se basant sur l'âge mental ne sera proposée qu'en 1912 par le psychologue allemand Stern cité par Grégoire⁹³ : $(\text{âge mental}/\text{âge réel}) \times 100 = \text{QI}$.

L'ouvrage de Binet-Simon sera retravaillé par ses concepteurs deux fois dans les années qui suivront sa conception.

Bien plus tard, en 1966, ce test sera repris pour créer la Nouvelle Echelle Métrique de l'Intelligence. Celle-ci sortira sous une seconde version en 2006 pour les enfants de 4 ans à 12 ans et demi.

Aux Etats-Unis, le test de Binet et Simon sera réadapté et deviendra le Stanford-Simon.

1.2.2.2 Le K-ABC

Kaufman⁹⁷ construit son test en se basant sur les concepts de la psychologie cognitive et le modèle neuropsychologique de Luria. Kaufman présente le K-ABC en 1983, il sera adapté en France en 1993.

L'objectif de ce test est de déterminer le mode de traitement de l'information privilégié par l'individu. Toutefois ce test permet d'obtenir un résultat proche conceptuellement du QI et revêtant une forme proche (norme à 100 et un écart-type de 15). En effet le test va proposer de mesurer l'efficacité des processus de raisonnement de l'individu.

Le K-ABC est divisé en trois parties et 16 subtests dont 13 au maximum passés par l'enfant :

- l'échelle séquentielle qui s'intéresse au traitement séquentiel de l'information : la fenêtre magique (identifier et nommer un objet présenté derrière un cadre étroit), la reconnaissance de personnes (identification rapide d'un visage au milieu de plusieurs), la reconnaissance de formes (compléter une forme), triangles (reproduction d'un modèle au moyen de triangles colorés), matrices analogiques (raisonner sur un mode analogique face à un matériel de figures), mémoire spatiale (du type memory), série de photos (du type histoire en images séquentielles).

- l'échelle simultanée qui s'intéresse au traitement intégré de l'information, c'est-à-dire que les stimuli sont traités en même temps dans une perspective globale. Les épreuves qui composent cette échelle sont : mouvements de mains (reproduction de séquences réalisées par l'administrateur du test), mémoire immédiate de chiffres (empan de chiffres endroit), suite de mots (désigner des images dans le même ordre que l'administrateur les a énoncés).

Une échelle composée des échelles séquentielle et simultanée permet d'appréhender la mesure de l'intelligence fluide de Cattell et Horn.

- l'échelle « connaissance » est composée des épreuves suivantes : vocabulaire courant (dénomination sur photo), personnages et lieux connus (identification d'après une image), arithmétique (identification de nombre, comptage et calcul), devinettes (identification de concepts d'après des indices verbaux), lecture et déchiffrement (identification de lettres, lecture de mots), lecture et compréhension (mime d'une action donnée par écrit).

Cette échelle donnera une évaluation de l'intelligence cristallisée, concept développé par Cattell et Horn. Elle est influencée par l'éducation et l'environnement.

Ce test est destiné à une population âgée de 2 ans et demi à 12 ans et demi et sa passation dure de

45 à 70 minutes. Le K-ABC est aussi le premier test à introduire de nouvelles épreuves s'inspirant des recherches en psychologie cognitive. Toutefois, il a également ses limites car il ne permet pas l'évaluation de la créativité, de la compréhension et du raisonnement verbal.

En 2008, 10 nouveaux subttests sont ajoutés intégrant deux nouvelles échelles : attention et concentration ainsi que stockage et récupération.

1.2.2.3 Zoom sur la WISC IV et Wechsler

En 1938, David Wechsler^{114, 120} va proposer sa première échelle, le Wechsler-Bellevue, qui va s'intéresser à l'évaluation du QI et non de l'âge développemental comme le Binet-Simon.

Wechsler donne sa propre définition de l'intelligence : l'intelligence est « la capacité complexe ou globale de l'individu d'agir dans un but déterminé, de penser rationnellement et d'avoir des rapports efficaces avec son environnement ». Il est intéressant de se pencher sur les termes « complexe » et « global » qu'utilise Wechsler car ils ont une importance non-négligeable. Wechsler considère en effet que l'intelligence est composée de plusieurs éléments qui sans être forcément indépendants sont pourtant différents et doivent donc être évalués. La globalité se trouve dans l'idée que malgré tout, l'intelligence est une caractéristique du comportement de l'individu. Bien que l'intelligence soit composée de plusieurs éléments, c'est leur combinaison et leur façon de se combiner qui va aussi la déterminer. Ces deux éléments sont réellement fondamentaux et presque fondateurs des tests de Wechsler.

Wechsler va rejoindre en partie Spearman dans sa théorie du facteur « g ». En effet Wechsler va approuver ce concept de facteur « g » en tant qu'énergie permettant de réaliser un acte intellectuel. Toutefois pour Wechsler « g » n'est pas l'intelligence générale, « g » est un facteur très important de l'intelligence mais ne la constitue pas seul, l'intelligence étant également déterminée par d'autres facteurs marquants et par leur configuration harmonieuse. Son objectif étant de mesurer l'intelligence, il est donc logique pour Wechsler d'essayer d'évaluer ces autres facteurs dans son test. Néanmoins Wechsler reste modeste, il sait qu'il ne peut évaluer strictement et précisément l'intelligence, le nombre de facteurs intervenant dans celle-ci étant trop nombreux, il s'agit de faire des choix sur ce qui doit et peut être évalué.

A partir de là, Wechsler conclut qu'on ne peut produire qu'une approximation de l'intelligence d'un individu, cette approximation ne gagne en précision qu'en fonction du nombre et de la variété des épreuves proposées. En ce sens, Wechsler se rapproche de la conception de Binet. Toutefois, Wechsler diverge de Binet en s'opposant au principe d'âge mental. Wechsler va s'intéresser à calculer un QI. Celui-ci va proposer de situer le sujet par rapport aux performances d'une population

de son âge en terme de distance à la moyenne et de la dispersion de la population dans la réussite (ou échec) aux performances.

Wechsler va également s'intéresser à un facteur non-intellectuel en soi mais qui intervient malgré tout dans le comportement intelligent : la personnalité. Il convient donc d'en tenir compte dans l'évaluation de l'intelligence et non d'essayer de l'éviter. Wechsler va notamment s'appuyer sur une étude d'Alexander menée en 1935 pour défendre cette vision. Alexander va en effet découvrir, via une étude mettant en jeu une analyse factorielle, un facteur Z qu'il a du mal à définir mais qui semble être un trait de personnalité lié à la ténacité et à l'envie de réussir. Ainsi Wechsler défendra l'intérêt de prendre compte la personnalité dans l'évaluation de l'intelligence.

Wechsler met au point trois grandes échelles en fonction de l'âge : la WIPPSI pour les enfants d'âge préscolaire, la WISC pour les 6 à 16 ans et la WAIS pour les adultes.

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéresserons plus spécifiquement à la WISC IV. Celle-ci se compose des épreuves suivantes :

-l'échelle de compréhension verbale est constituée de 3 subtests : similitudes (l'enfant doit retrouver le lien entre des objets ou concepts présentés à l'oral), vocabulaire (l'enfant doit définir des mots à l'oral) et compréhension (l'enfant doit comprendre et expliquer des règles ou des situations liées à la vie quotidienne ou sociale);

-l'échelle de raisonnement perceptif est constituée de 3 subtests : les matrices (l'enfant doit choisir entre cinq propositions celle qui complète la matrice incomplète proposée), concepts en images (plusieurs rangées d'images sont proposées, l'enfant doit choisir une image sur chaque rangée pour former un groupe aux caractéristiques communes) et construction avec des blocs (l'enfant doit reconstituer à l'aide de cubes en trois dimensions différents modèles présentés sur papier);

-l'échelle de mémoire de travail est constituée de 2 épreuves : mémoire de chiffres (l'enfant doit restituer oralement une liste de chiffres à l'endroit puis à l'envers), lettres et chiffres (l'enfant doit restituer une liste de chiffres et lettres en les ayant rangés par ordre croissant pour les chiffres et en ordre alphabétique pour les lettres);

-l'échelle de vitesse de traitement est constituée de 2 épreuves : code (l'enfant doit transcrire le plus vite possible une suite de symboles simples correspondant à des chiffres) et repérage (l'enfant doit décider si un ou deux symboles sont présents dans la suite qui lui est présentée).

Grâce à ces quatre échelles et à ces multiples subtests, Wechsler propose une batterie diversifiée et assez complète, permettant à la fois une approche globale de la performance intellectuelle d'un enfant mais aussi une approche détaillée dans des domaines précis tels que la vitesse de traitement.

1.3 Particularités du haut potentiel intellectuel

1.3.1 Précocité, Douance, Haut potentiel, qu'est-ce que c'est?

De nombreux termes sont aujourd'hui utilisés pour dénommer ces enfants hors normes : surdoué, enfant à haut potentiel, enfant intellectuellement précocé. Mais que met-on réellement derrière ces dénominations?

La base de la détermination de la précocité est un score élevé à un test de QI, nous retiendrons dans le cadre de cette étude le seuil de 125 de QI comme le propose Lubart⁹⁸. Mais si le niveau du QI est une composante essentielle de la détermination de la précocité, elle ne doit pas masquer une réalité bien plus intéressante : les capacités cognitives hors du commun de ces enfants particuliers.

On peut différencier deux approches des enfants précoces : celle qui s'attache à la comparaison avec la population de leur âge, qui va considérer le haut potentiel comme une avance non-négligeable par rapport au développement normal; l'autre approche va plutôt considérer le talent en soi de ces enfants, leurs capacités et fonctionnements particuliers et hors du commun, sans les comparer avec les capacités des enfants du même âge.

Divers éléments sont fréquemment évoqués dans la littérature (Meeker¹⁰⁰, 1979, Webb⁸³, 1993, Mann⁴³, 2005) au sujet de ces enfants. Ainsi ces enfants seraient d'une grande curiosité et poseraient beaucoup de questions dont très tôt des questions existentielles. Ils manifesteraient également un besoin de comprendre, de rechercher la précision et la maîtrise. Ils n'auraient que peu d'intérêt pour les tâches simples, leur préférant la complexité. Ils auraient une forte capacité de concentration et un niveau élevé d'attention. De plus, ils disposeraient d'une pensée riche se développant simultanément sur plusieurs canaux de réflexion, ils ne penseraient pas de la même façon que les autres, ils utiliseraient des stratégies mentales et des modes de réflexion différents. Ils auraient également une forte capacité de généralisation et de transfert des apprentissages liée à une mobilisation du raisonnement analogique permettant des mises en relations appropriées. Ils seraient extrêmement sensibles et souvent attirés par des camarades plus âgés. Bien sûr, cette liste n'est pas exhaustive mais elle fait néanmoins le tour des idées les plus fréquentes sur ces enfants et en dresse une sorte de portrait-robot.

Dans ce chapitre nous pourrions effectivement étudier les deux approches aussi bien sur un plan développemental, en nous appuyant sur la théorie de Piaget, que sur le plan neurobiologique. Nous nous intéresserons également aux théories qui ont été développées autour de ces enfants particuliers.

1.3.2 Les différentes théories autour de la précocité

Dans ce chapitre nous aborderons brièvement quelques théories sur l'émergence du haut potentiel.

•Tannenbaum (1986)

Tannenbaum⁷⁷, chercheur ayant beaucoup travaillé sur la précocité et l'apprentissage dissocie 4 types de haut potentiels : les talents exceptionnels utiles à la société, les talents hors du commun s'exprimant dans un domaine artistique, les talents spécifiques à une profession avec des compétences spécialisées, les talents étranges dans une tâche spécifique ou les talents peu utiles.

De façon plus générale, dans sa conception du haut potentiel, il insiste sur l'importance du contexte socio-culturel et propose 5 facteurs concourant à l'émergence du haut potentiel : la capacité intellectuelle générale variable selon le domaine d'excellence, les capacités spécifiques variables selon l'activité, la personnalité et la motivation, l'environnement et la chance (événement, rencontres, etc.).

•Feldman (1992)

Feldman²⁶ va énoncer les conditions nécessaires à l'émergence du haut potentiel : les capacités cognitives, un environnement adapté permettant l'accès aux connaissances au bon moment du développement, un contexte familial encourageant et valorisant le développement du talent et donnant accès à l'enseignement adapté. Pour Feldman c'est l'ensemble de ces facteurs qui permettra l'émergence du talent.

•Renzulli (1978, 2002)

Renzulli^{62, 63} va développer la théorie du modèle en trois anneaux qui donne 3 facteurs essentiels : l'engagement, les aptitudes cognitives élevées (proche du concept de facteur « g » de Spearman) et la créativité. Néanmoins, Renzulli estime aussi comme importants pour le développement du haut potentiel le contexte culturel, la situation socioprofessionnelle, la personnalité et l'éducation des parents. Selon le domaine le plus développé, l'enfant aura un profil différent: plutôt académique s'il allie engagement et aptitudes intellectuelles, plutôt créatif s'il a développé la créativité et l'engagement.

•Sternberg (1988, 2001, 2003)

En développant sa théorie sur l'intelligence, Sternberg^{73, 74, 110} s'est penché sur la question du haut potentiel.

Pour commencer il distingue 3 types d'enfants à haut potentiel :

- les enfants ayant de fortes capacités analytiques (les enfants ayant un profil plutôt académique pour Renzulli)
- les enfants ayant développé plutôt de grandes facilités à traiter la nouveauté et à innover (les enfants créatifs pour Renzulli)
- les enfants doués d'une forte intelligence pratique (concept qu'il développe dans sa théorie de l'intelligence) et qui s'adaptent donc facilement à n'importe quelle situation pratique nouvelle.

Par la suite il s'intéressera de plus près à ce qu'il appelle le développement de l'expertise. Ce concept est la capacité de chacun de développer des connaissances spécifiques dans son domaine de compétence professionnel.

Pour Sternberg, le haut potentiel est profondément lié à cette capacité de développement d'une expertise qui, pour ces individus, se développerait plus vite et à un niveau plus élevé. L'expertise pour Sternberg dépendrait de 5 éléments : la motivation, les connaissances (spécifiques au domaine), les capacités d'apprentissages (dégager rapidement les informations pertinentes), les capacités cognitives générales (raisonnement, analyse, évaluation) et la métacognition (réflexion sur sa propre compréhension et son type de traitement de l'information).

•Gagné (2004)

Gagné, selon Lubart⁹⁸, distingue 2 notions au sein du haut potentiel : le talent qui est une maîtrise exceptionnelle dans un domaine et la douance qui est la capacité d'apprentissage exceptionnelle dans un domaine. En ce qui concerne le talent, pour Gagné, il est dépendant de la maturation des capacités cognitives et de l'apprentissage formel et informel. Gagné, en un sens, se rapproche des conceptions de Feldman et Tannenbaum. En effet, il distingue trois types de facteurs nécessaires pour assurer la transition de la capacité au talent : les facteurs intra-personnels soit ce qui est interne à l'individu (personnalité, motivation, capacités mentales), les facteurs environnementaux soit ce qui entoure l'individu (l'éducation, la famille, le milieu socio-culturel), le hasard (événement,

rencontres...). Ces trois facteurs alliés à la transformation de la capacité en talent sont les clés du développement de celui-ci.

1.3.3 Douance et développement cognitif

•Théorie développementale et précocité

Nombre d'études ont été menées sur ce sujet (Porath⁶¹ en 1992, Webb⁸² en 1974) notamment par le Pr. P. Planché (2000^{57, 58}, 2005⁶⁰) pour éprouver la véracité de la théorie de Piaget (1963¹⁰³, 1966¹⁰⁴, 1969¹⁰⁵) par rapport à ces enfants si particuliers. Ainsi à travers ces études, il a semblé que les enfants précoces suivent le même chemin de développement que les enfants ordinaires mais à un rythme différent. En effet, il semblerait que, bien qu'ils suivent les stades décrits par Piaget, une fois entrés dans un stade, ils vont beaucoup plus rapidement pour le parcourir ce qui est probablement en lien avec leur fonctionnement cognitif spécifique que nous décrirons dans le chapitre suivant. Ainsi ils arriveraient plus rapidement à la fin de chaque étape de développement sans pour autant pouvoir passer directement à l'étape suivante. En effet, le passage au stade suivant nécessiterait deux paramètres : d'une part, l'enfant a besoin de réaliser des expérimentations ce qui nécessite un certain temps incompressible et d'autre part, une certaine maturation neurologique ce qui implique la notion d'âge seuil.

Ainsi, on a pu observer que le développement cognitif de ces enfants n'est pas linéaire et continu mais ponctué d'accélération intervenant à des moments différents selon les notions abordées. En effet, toutes les notions ne se développent pas avec la même avance par rapport à la même norme : cela aboutit à une dyssynchronie entre les niveaux atteints dans des domaines différents.

Cette dyssynchronie se révèle tout particulièrement au moment de l'apparition de nouveaux modes de raisonnement logique (entre 5 et 7 ans et vers 9 ans). Mais une fois l'entrée dans ce nouveau mode de raisonnement faite, les enfants précoces se réorganisent et homogénéisent ce niveau de connaissances.

De plus, si les enfants précoces semblent respecter l'enchaînement des stades, ils ne semblent pourtant pas avoir le même cheminement pour la construction des différentes notions: ils ne s'appuient pas systématiquement sur leurs acquisitions antérieures pour développer les suivantes. Par exemple, la conservation développée à un rythme accéléré, semble être la voie d'accès à l'opérativité concrète. En revanche, la notion de quantification des probabilités n'est a priori pas le chemin d'accès à la pensée formelle. En effet, il semblerait que la pensée formelle soit déjà en partie

développée car on peut observer de bonnes performances aux exercices de permutations s'appuyant sur des opérations combinatoires.

Le Pr. Planche propose, suite à ses études, une autre conception du développement des enfants à haut potentiel.

En effet, les résultats de ces expérimentations montrent que le développement de ces enfants ne semble pas aussi linéaire et continu que la théorie de Piaget l'expose. Ainsi, Planche aboutit à une conception pluridimensionnelle du développement cognitif de ces enfants ne se déroulant pas sur une ligne de développement mais sur autant de lignes différentes que de champs notionnels. Chacune de ces lignes serait indépendante, soit marquée d'accélération, soit plus régulière et support de champs notionnels. Elles se développeraient de manière relativement autonome jusqu'à arriver à leur limite supérieure et à une certaine unité structurale fédérant les champs notionnels.

Chaque étape du développement commencerait par une dyssynchronie entre les champs notionnels en construction qui se développeront à des rythmes différents mais qui s'organiseront petit à petit pour aboutir à une nouvelle organisation supérieure et plus complexe.

• Développement neuromoteur, moteur et cognitif de 0 à 4 ans

Au niveau de leur développement neuromoteur, moteur et cognitif (Planche 2000⁵⁸, 2005⁶⁰), les enfants à haut potentiel bénéficient d'un développement différent et avancé dès leur plus jeune âge. En effet, dès la naissance, il a été observé que ces enfants développaient une mobilité d'exploration par le regard très active, leur oculomotricité est très efficace et leur neuromotricité mature très tôt. On notera, par exemple, la disparition précoce des réflexes archaïques. Leur développement moteur dans les deux premières années est en général en avance d'un à deux mois sur la norme (Vaivre-Douret^{79, 80} 2004).

Sur le plan cognitif, on observe que la structuration spatiale et temporelle apparaît dès 2 ans et 4 mois. Entre deux ans et demi et quatre ans l'enfant est latéralisé. Durant cette période, l'enfant précoce prend encore plus d'avance avec un écart d'un à deux ans au niveau des fonctions exécutives. Le langage va également faire son apparition en avance (Vaivre-Douret 2004), en moyenne vers 4 mois pour le babillage et vers 18 mois pour la première phrase. De plus, le langage de l'enfant à haut potentiel sera très rapidement élaboré avec une syntaxe correcte et un vocabulaire riche et adapté.

De surcroît, en raison d'une grande capacité de réseaux neuronaux associatifs (Baraduc 2002 cité par Lubar⁹⁸), ces enfants font preuve d'un sens de l'intuition très développé. De même, les perceptions et sens sont très aiguisés et ce dès le plus jeune âge.

Ces enfants montrent souvent une capacité de raisonnement et d'analyse importante s'appuyant sur une capacité de traitement de l'information élevée qui leur octroie des facilités de compréhension. Terrassier^{78, 111} évoque néanmoins la possibilité de dyssynchronie, soit de différence de développement entre le moteur et l'intellect. Toutefois cette dyssynchronie n'apparaît la plupart du temps qu'en âge scolaire et non de façon systématique.

1.3.4 Douance et fonctionnement cognitif

Il semble que les enfants à haut potentiel aient un fonctionnement cognitif différent et plus efficace que la norme. Ainsi des études (Planche 2000^{57, 58}, 2001⁵⁹, Arffa et al 1998⁴, Vaivre-Douret^{79, 80} 2004) ont été menées sur ces enfants portant plus particulièrement sur les tâches de résolution de problèmes complexes.

Il apparaît dans ces études que les enfants précoces ont des capacités spécifiques en termes de traitement de l'information. En effet, les résultats montrent de meilleures capacités attentionnelles liées à des capacités d'inhibition plus importantes (Anderson³ 1986, Houdé³⁵ 2000). Ils sont ainsi moins parasités par des informations non-pertinentes et limitent les réactions persévératives. De plus, ces enfants feraient montre d'une plus importante flexibilité mentale leur permettant de prendre en compte simultanément plusieurs critères. Les enfants à haut potentiel présenteraient également, selon ces études, une meilleure mobilisation des stratégies pertinentes et adaptées à la tâche réalisée couplées à des capacités de généralisation, de transfert et d'apprentissage plus importantes.

On observe également chez ces enfants une exploration systématique de l'ensemble du matériel proposé avec des balayages visuels plus rapides que la norme améliorant leurs capacités de perception visuelle. De plus, on relève que les capacités mnésiques à court et long termes de ces enfants sont généralement plus élevées que la norme. Cette mémoire plus développée leur permet un stockage de connaissances plus important. Par ailleurs, les enfants précoces présentent des facilités pour établir des liens, faire des mises en relations pertinentes. Cette particularité est probablement due à un mode de fonctionnement privilégié par les enfants à haut potentiel : le raisonnement analogique. Ce type de raisonnement leur permet d'être efficaces même face à des situations nouvelles en s'appuyant notamment sur leurs connaissances stockées.

Enfin, ces enfants possèdent des capacités d'autorégulation et de contrôle de l'activité cognitive particulièrement développées. Cela donne lieu d'une part aux capacités attentionnelles précédemment évoquées et d'autre part à une capacité d'autocorrection et de prise en compte de leurs erreurs passées pour modifier leur raisonnement.

1.3.5 Douance et neurobiologie

De nombreuses études (Grubar⁹⁴ 1997, O'Boyle et Benbow⁵⁰ 1990, Haier³¹ et Parks⁵¹ 1988, Singh et O'Boyle⁷¹ 2004, Wilke⁸⁴ 2003) ont été menées sur le fonctionnement cérébral des enfants précoces, notamment par Vaivre-Douret⁸⁰ (2004). Ces études ont montré les différences de fonctionnement des enfants à haut potentiel. Dans cette partie, nous passerons en revue quelques-unes des découvertes faites sur le fonctionnement cérébral de ces enfants.

Une étude de Grubar en 1997 montre que les enfants à haut potentiel ont un taux de sommeil paradoxal plus important. Le sommeil paradoxal a un rôle phare dans la mémorisation, ce qui pourrait expliquer les capacités d'apprentissage exceptionnelles de ces enfants.

En 1990, O'Boyle et Benbow mènent une étude s'intéressant à la spécialisation hémisphérique chez les enfants précoces. A cette fin, ils utilisent une épreuve d'écoute dichotique. Lors de cette épreuve, les enfants précoces ont donné, quelle que soit l'oreille stimulée, autant de précision pour rapporter les informations. Ceci les a amenés à la conclusion d'une possible équipotentialité hémisphérique pouvant induire une meilleure communication interhémisphérique. De plus, d'autres études les ont conduits à considérer que l'hémisphère droit était, pour le traitement de l'information auditive, plus mis à contribution chez ces enfants-là. Ces études furent confirmées par la suite en 2004 par Singh et Boyle qui démontrèrent qu'une interaction hémisphérique plus importante était une caractéristique des enfants précoces.

Il a également été montré, par une étude menée par Wilke en 2003, un lien entre le niveau du QI et le volume de substance grise au niveau du cortex préfrontal.

Pour finir, dans des études réalisées en 1988 au moyen d'imagerie cérébrale, Haier et Parks ont découvert que les enfants précoces utilisaient moins de glucose pour réaliser des tâches verbales et non-verbales que les enfants ordinaires. Ainsi, ils auraient besoin de moins d'énergie et donc de moins activer leurs circuits neuronaux pour accomplir ces tâches cognitives.

L'ensemble de ces études tend à montrer un fonctionnement cérébral différent chez les enfants à haut potentiel améliorant considérablement leur traitement de l'information et leur capacité de mémorisation.

1.3.6 Précocité intellectuelle et scolarité

Malgré les nombreux avantages dont peuvent disposer les enfants précoces, ils ne sont pas à l'abri de l'échec scolaire et ceci pour des raisons variées. D'une part, nous pouvons bien sûr citer l'ensemble des troubles associés possibles indépendants de l'intelligence et qui entraveront la scolarité tels que le trouble attentionnel avec ou sans hyperactivité, les troubles des apprentissages

dont dyslexie et dysorthographe et les troubles du comportement. D'autre part, nous pouvons aussi nous pencher sur les spécificités des enfants précoces qui pourraient être à l'origine de l'inadaptation scolaire et donc de leur échec scolaire.

Jeanne Siaud-Facchin¹⁰⁷ (2002), psychologue clinicienne, s'est particulièrement penchée sur cette question et propose plusieurs hypothèses quant aux difficultés des enfants précoces à l'école.

Ainsi elle va décrire ce qu'elle appelle l'illusion de la pensée commune. Selon elle, l'enfant précoce n'a pas les mêmes implicites. Cela pourrait entraîner des réponses inadéquates ou incomplètes suite à une compréhension différente de la consigne ou à l'inhibition d'une réponse jugée trop évidente pour qu'elle puisse être celle qui est attendue.

Une des autres hypothèses de Siaud Facchin est le fonctionnement en arborescence de la pensée de l'enfant précoce. Au lieu de s'inscrire dans un mode de traitement de l'information linéaire, l'enfant précoce va avoir une pensée en réseau, c'est-à-dire qu'une pensée va en entraîner plusieurs autres qui elles-mêmes vont se subdiviser et ainsi de suite. De plus, l'enfant précoce pourrait activer plusieurs de ces réseaux simultanément d'où un foisonnement d'idées qui entraîne des difficultés à trier, structurer et sélectionner les informations pertinentes.

Une autre des difficultés de l'enfant précoce à l'école est le phénomène de fulgurance: l'enfant sait mais ne sait pas comment il sait, le processus lui ayant permis de trouver la réponse s'est déroulé de façon presque intuitive et trop rapidement pour qu'il en ait conscience. Or, à l'école, il est fréquemment demandé d'explicitier le déroulement d'une action avant de fournir le résultat (en mathématiques par exemple). Il en résulte pour l'enfant précoce un manque profond de méthodologie qui est pourtant essentielle en milieu scolaire.

Siaud-Facchin va également souligner l'importance de la motivation pour le déroulement des apprentissages chez l'enfant précoce. Cette motivation pour apprendre pourra être mise à l'épreuve dans plusieurs cas de figure. Tout d'abord, l'enfant s'ennuie car l'environnement scolaire ne le stimule pas suffisamment au regard de ses capacités: s'il acquiert facilement ce qu'on lui demande au début, la répétition nécessaire aux autres élèves va l'amener à ne plus s'intéresser à ce qui se passe en classe et à ne plus suivre du tout. Ensuite, la motivation peut être en lien avec l'affectif, on citera pour illustrer cela le cas étudié par Reis en 2000 cité par Grubar⁹⁴. Cet adolescent avait des résultats scolaires fortement en lien avec l'intérêt qu'il portait au domaine étudié et selon qu'il appréciait ou non l'enseignant. Si les deux étaient réunis les résultats étaient excellents, s'il n'y avait qu'une seule des deux conditions il obtenait des résultats acceptables et en l'absence de ces deux conditions, il échouait ou avait des résultats tout juste passables.

Pour finir, nous évoquerons les travaux de Terrassier¹¹¹ (1981). Ce dernier met en relief la notion de dyssynchronie chez les enfants précoces. Il distingue deux types de dyssynchronie : la

dyssynchronie interne, c'est-à-dire l'écart entre le développement cognitif et le développement moteur ou affectif et la dyssynchronie sociale qui relève du rapport entre l'enfant et ses parents, ses enseignants et ses pairs. Pour Terrassier, ces dyssynchronies pourraient influencer sur les apprentissages scolaires. De plus, la dyssynchronie sociale pourrait engendrer une grande vulnérabilité socio-affective de l'enfant qui, en l'absence de remédiation et d'adaptation de l'environnement, entraînerait de possibles problèmes psychologiques par la suite.

Une autre explication de l'échec scolaire de ces enfants pourrait se trouver dans l'hétérogénéité de leur profil psychométrique. En effet, des études (Silver et Clampitt⁷⁰ 1990, Hollinger et Kosek³² 1986) montrent que les écarts entre QI verbal et QI performance à la WISC III sont plus fréquents chez les enfants à haut potentiel. Des écarts importants entre différents indices de la WISC peuvent entraver le fonctionnement cognitif de ces enfants et du même coup modifier le développement habituel des apprentissages.

Ainsi, malgré les capacités particulières des enfants précoces, un grand nombre de facteurs, y compris ceux inhérents à leur fonctionnement particulier, peuvent entraîner des difficultés dans le déroulement de leur scolarité.

2. La mémoire de travail

2.1. Généralités et définition

La mémoire est classiquement définie comme l'ensemble des systèmes biologiques et psychologiques permettant d'intégrer des informations, de les retenir et de les rappeler. La mémoire de travail est une composante de la mémoire. Elle intervient dans de nombreuses activités cognitives : la compréhension du langage, la lecture, le calcul, le raisonnement, la production écrite...

La mémoire de travail est le système permettant de maintenir temporairement une information en mémoire, de la traiter, de la manipuler. La capacité de la mémoire de travail est limitée. L'objectif de la mémoire de travail est de produire le résultat de la transformation de cette information et non de mémoriser cette information.

La mémoire de travail est à l'origine un concept de Baddeley et Hitch⁸ (1974) créé en alternative au modèle de mémoire à court terme de Atkinson et Shiffrin⁵ (1968).

2.2 Les modèles de la mémoire de travail

2.2.1 Modèle de Atkinson et Shiffrin (1968)

Ce modèle propose trois registres mnésiques : les registres sensoriels, la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. Le modèle est sériel, car pour Atkinson et Shiffrin⁵, l'information va passer successivement par ces trois registres. Tout d'abord, l'information est perçue au sein de l'environnement par nos différents sens, puis elle est traitée par nos registres sensoriels. Par la suite, l'information passe dans la mémoire à court terme qui est dans ce modèle considérée comme un moyen de stockage à court terme et de capacité limitée. Au sein de la mémoire à court terme, l'information est donc maintenue momentanément et peut être manipulée ou rafraîchie grâce à un mécanisme de répétition articulatoire. La mémoire à court terme est le passage obligatoire de l'information pour que celle-ci puisse être transférée dans la mémoire à long terme. Plus longtemps l'information reste dans la mémoire à court terme, plus elle aura de chances d'être encodée dans la mémoire à long terme. La mémoire à long terme est le lieu de stockage permanent des informations, sa capacité n'est pas limitée. Les informations stockées sont récupérables et modifiables à tout moment bien qu'elles puissent être momentanément inaccessibles.

Ainsi d'après ce modèle, si l'une des composantes de ce modèle sériel est endommagée, par exemple par une lésion cérébrale, des troubles apparaîtront forcément au niveau suivant. Cette conséquence de l'aspect sériel de cette théorie sera la base de la désaffection du modèle. En effet, Shallice et

Warrington⁶⁷ (1970) vont étudier le cas d'un patient cérébrolésé dont la mémoire à long terme était intacte malgré une mémoire à court terme déficiente consécutivement à la lésion. Cela remettra en cause ce modèle mais confirmera la dissociation entre mémoire à court à terme et mémoire à long terme et permettra l'émergence du modèle de Baddeley et Hitch sur la mémoire de travail.

2.2.2 Modèle de Baddeley et Hitch (1974)

Baddeley et Hitch⁸ définissent le concept de mémoire de travail comme un système mnésique permettant le traitement et le stockage temporaire d'informations en vue de réaliser des activités cognitives. Mais la mémoire de travail n'est pas qu'un lieu de stockage, elle est également un espace de travail pour effectuer des manipulations et des transformations sur les informations stockées, mais aussi entre les informations issues de la mémoire à long terme et celles issues de l'environnement.

La mémoire de travail est un système dynamique pourvu de plusieurs composantes : deux sous-systèmes de stockage (la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial) coordonnés et supervisés par une composante attentionnelle (administrateur central). Baddeley y ajoutera par la suite le buffer épisodique. (voir figure 1)

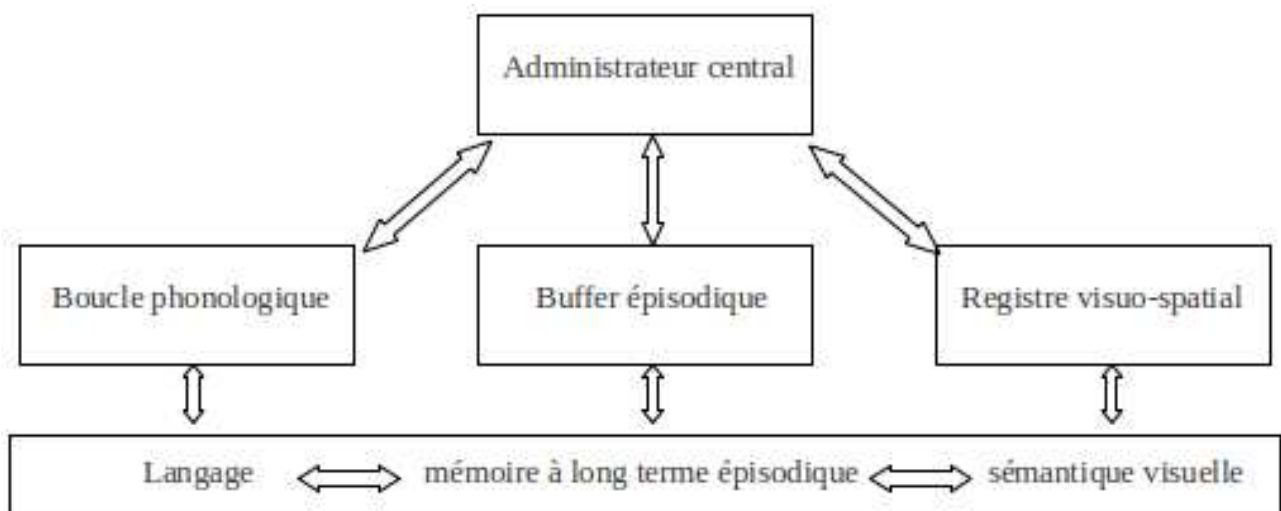


Figure 1: le modèle de mémoire de travail actualisé de Baddeley (2000)

- L'administrateur central

Il s'agit de la tête du système, il est chargé d'allouer les ressources attentionnelles nécessaires à l'exécution d'une tâche cognitive. Il supervise et coordonne les deux sous-systèmes esclaves : la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial. Il gère également la sélection et le passage de

l'information vers la mémoire à long terme. L'administrateur central assume donc une double fonction : une fonction régulatrice et une fonction de gestionnaire des ressources de traitement à capacité limitée.

Baddeley⁹ distingue 5 grandes caractéristiques de l'administrateur central :

➤ Coordination de deux tâches : en situation de double tâche, les capacités attentionnelles doivent être partagées entre les deux tâches. Si la quantité d'attention nécessaire à effectuer les deux tâches n'excède pas la capacité totale du réservoir attentionnel alors les deux tâches pourront être effectuées simultanément. Si, par contre, l'une des tâches demande plus de ressources attentionnelles que l'autre et que cela dépasse les capacités du réservoir attentionnel, il faudra donner priorité à cette tâche : ce sera la responsabilité de l'administrateur central. On retrouve cette problématique dans le fonctionnement même de la mémoire de travail : en effet, stocker et traiter représentent deux activités différentes nécessitant chacune des ressources attentionnelles qui seront donc partagées entre ces deux tâches par l'administrateur central.

➤ Rupture des automatismes : pour maintenir une suite aléatoire d'éléments en mémoire et éventuellement la manipuler, il faut empêcher le déclenchement de schémas automatiques. Cette tâche nécessite une attention constante pour bloquer cette tendance à faire appel à des automatismes.

➤ Attention sélective et inhibition d'éléments : pour fonctionner correctement la mémoire de travail doit pouvoir concentrer ses capacités attentionnelles sur les éléments pertinents et inhiber les informations sans intérêt. La gestion de l'attention est du ressort de l'administrateur central.

➤ Activation d'éléments en mémoire à long terme : pour certaines tâches, l'administrateur central doit pouvoir intégrer des informations dans la mémoire à long terme et en récupérer.

➤ Contrôle des tâches : l'administrateur central intervient dans les activités d'apprentissage, celles-ci nécessitant une certaine capacité attentionnelle.

Pour Baddeley, l'administrateur central assume les mêmes fonctions exécutives que ce que Shallice appelle le système attentionnel superviseur.

•La boucle phonologique

Son rôle est de stocker temporairement toute information verbale (orale ou écrite). Elle est constituée de deux composantes : le stock phonologique et la boucle de récapitulation articulaire. Le stock phonologique est une composante passive qui reçoit l'information verbale et la stocke sous forme de code phonologique mais sa durée de rétention est très courte, environ deux secondes. La boucle articulaire, quant à elle, est une composante active qui maintient l'information de façon active grâce au processus de récapitulation articulaire. De plus, elle permet d'introduire dans le stock phonologique des informations verbales visuelles en ayant codé ces informations phonologiquement.

De nombreuses études ont été menées sur cette boucle phonologique (Conrad et Hull²⁰ en 1964, Colle et Welsh¹⁹ en 1976, Baddeley, Thomson et Buchanan⁹ en 1975), elles en ont confirmé l'existence, mais ont également éclairé sa fonctionnalité et ses limites. Ainsi, plusieurs faits autour de la boucle phonologique peuvent être décrits.

Tout d'abord l'effet de similarité phonologique qui signifie que le rappel immédiat d'une liste de mots est plus difficile si ces mots sont proches les uns des autres phonologiquement. Ceci s'expliquerait par le fait que la boucle phonologique s'appuie sur le code phonologique, celui-ci est peu discriminant lorsque les stimuli sont proches et perturbe donc le stockage.

Ensuite, l'effet longueur, signifie que le rappel est plus facile avec une liste de mots courts qu'avec une liste de mots longs. Ceci est lié au phénomène de récapitulation articulaire dont la durée s'allonge avec la longueur des mots: plus ce qui est doit être récapitulé est long, moins il est rafraîchi et donc moins il est efficacement maintenu en stock.

Néanmoins, ces deux effets ont été remis en cause par certaines études (Nairne⁴⁹ en 1990, Lovatt, Avons et Masterson⁴¹ en 2000) en raison de leur manque de constance et d'interprétations différentes de ces effets.

Nous pouvons également citer l'effet de suppression articulaire qui consiste à répéter à voix haute une syllabe sans lien avec la série à maintenir en mémoire, cette dernière est alors bien plus difficile à conserver. En effet, la répétition occupe la boucle de récapitulation articulaire empêchant le maintien actif de l'information.

•Le registre visuo-spatial

Le registre ou calepin visuo-spatial est un autre système esclave contrôlé par l'administrateur central, il s'occupe des informations visuelles et spatiales. Tout comme la boucle phonologique, il

est composé de deux sous-systèmes : la composante visuelle et la composante spatiale.

La composante visuelle sert à stocker momentanément les informations visuelles mais ces informations sont fragiles et sujettes à interférence. Toutefois, si ces informations sont perdues, elles peuvent être réintroduites dans le stock grâce au mécanisme de récapitulation spatiale.

Ce mécanisme constitue le second sous-système. Il sert, comme vu précédemment, à réintroduire l'information dans le stock. Il est également impliqué dans la planification des mouvements.

Ce registre visuo-spatial et son fonctionnement restent peu connus. Néanmoins, des études ont été menées et plaident en faveur d'autres dissociations au sein de ce registre. Ainsi Repovs⁶⁴ en 2006 plaide en faveur d'une réelle séparation entre visuel et spatial. Il propose d'une part un stockage et un phénomène de récapitulation spécifique pour le visuel et d'autre part un autre stock et une autre récapitulation pour le spatial. D'autres études (Pickering⁵³ et al⁵⁴, 2001) séparent encore les registres visuo-spatiaux selon que les informations sont statiques ou dynamiques.

Certains arguments vont plutôt dans le sens de la dissociation entre la composante visuelle et la composante spatiale. En effet, lors de l'administration d'une tâche de mémoire de travail visuelle, en cas de tâche distractive visuelle, la performance baissera alors que ce n'est pas le cas en cas de tâche distractive d'ordre spatial (Logie et Marchetti⁴⁰ 1991).

Toutefois, il convient de rappeler que la dissociation entre visuel et spatial dans une tâche est très délicate. En effet, si une tâche peut être purement visuelle, une tâche spatiale sans utiliser de visuel est beaucoup plus difficile à créer.

•Le buffer épisodique

Le buffer épisodique est une composante que Baddeley^{6, 7} (2003) ajouta plus tard à son modèle initial en raison de quelques faiblesses de celui-ci. En effet, dans le modèle de Baddeley, seuls les deux systèmes esclaves peuvent stocker temporairement des informations. Toutefois, les capacités de ces systèmes esclaves sont trop limitées pour expliquer le stockage et la restitution d'informations nombreuses et complexes. Par exemple, le rappel de texte nécessite un stockage dépassant largement les capacités de stockage de la boucle phonologique. Cette constatation amène Baddeley à deux conclusions. D'une part, cette capacité de stockage supérieure à celle des systèmes esclaves met en relief le lien entre mémoire de travail et mémoire à long terme. D'autre part, Baddeley conclut à l'existence d'un autre système esclave de stockage aux caractéristiques très différentes des deux autres systèmes esclaves : le buffer épisodique.

Celui-ci serait chargé du stockage temporaire d'informations venant de différentes sources. Baddeley le nomme *buffer* (tampon en français) car cette composante sert d'interface entre

différents systèmes utilisant des codages différents. Le buffer épisodique utiliserait un code multidimensionnel pour stocker ces informations traitées et manipulées par l'administrateur central auquel il est assujéti, comme la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial.

Baddeley le qualifie également d'épisodique en référence au concept de mémoire épisodique de Tulving : il stocke des informations sous forme d'épisodes dans lesquels elles sont intégrées au niveau de l'espace et du temps.

Le buffer épisodique aurait également un rôle important dans la récupération et le transfert d'informations depuis la mémoire à long terme épisodique.

Ainsi le buffer épisodique, conceptualisé par Baddeley, aurait des fonctions plus diversifiées et plus complexes que les deux autres systèmes esclaves.

2.3 Le développement de la mémoire de travail

D'après Gathercole²⁹ (1993), l'enfant a accès à la partie stockage du système phonologique dès l'âge de 2-3 ans, mais ne développerait la stratégie de récapitulation articulatoire qu'à partir de 7 ans. Ceci expliquerait la faiblesse de la mémoire de travail avant 7 ans et la sensibilité des enfants à l'effet de similarité et à l'effet de longueur.

Toutefois, si les mots sont présentés de façon figurative, l'enfant aura plus de facilités car il n'utilisera pas sa composante phonologique mais son calepin visuo-spatial. Vers 6 ans, l'enfant commencera à encoder phonologiquement les images perçues, ce qui aura pour conséquence l'apparition et le développement des phénomènes de similarité phonologique et de longueur de mots.

Vers 7 ans, la mise en place du processus de récapitulation permettra l'encodage de matériel verbal mais aussi imagé et spatial.

D'autre part, il convient également de signaler l'importance de la vitesse de traitement. En effet, celle-ci augmente considérablement entre 3 et 10 ans. Cette augmentation de la vitesse permettrait à l'enfant d'encoder et de stocker de plus en plus d'items et donc d'augmenter son empan.

Il semblerait également que l'évolution des connaissances jouerait un rôle dans le développement de la mémoire de travail aussi bien au niveau de la boucle phonologique, avec la connaissance de l'organisation de la langue, qu'au niveau du calepin visuo-spatial, avec la connaissance du monde physique.

Enfin, il est nécessaire de s'intéresser à la capacité attentionnelle qui est un élément essentiel dans la mémoire de travail, Baddeley considérant l'administrateur central comme porteur des mêmes fonctions que le système attentionnel superviseur. La capacité attentionnelle permet à l'enfant

d'inhiber les informations non-pertinentes et de sélectionner les informations pertinentes. Cette capacité arrive à maturité à l'adolescence, étant donné qu'elle intervient dans la mémoire de travail, cette dernière s'améliore donc avec l'évolution de l'attention.

Toutefois la mémoire de travail en soi est considérée comme mature à partir de 8 ans même si elle continue à s'améliorer avec les capacités attentionnelles.

2.4 Fonctionnement de la mémoire de travail

•Le codage

La mémoire de travail a une capacité de 7 éléments, plus ou moins 2, à l'âge adulte. Pour stocker l'information, la mémoire de travail va devoir encoder l'information. Le codage est multiple, les sons peuvent être codés en images et inversement. On distingue trois types de codages : le codage visuel (représentation des stimuli sous forme d'une image), le codage phonologique (représentation des stimuli en une suite de sons) et le codage sémantique (représentation des stimuli en fonction de leur signification).

•Le stockage

La capacité de stockage de la mémoire de travail est relative et de multiples facteurs entrent en jeu. En effet, elle va dépendre de la rapidité d'encodage : plus l'item sera difficile à encoder, plus le stockage sera compromis. On définit comme item, la plus grande unité significative du stimulus présenté permettant de faciliter les opérations de traitement en mémoire. Ces unités sont appelées des tronçons qui sont l'unité de stockage de la mémoire de travail.

•L'échec de récupération en mémoire de travail

Dans le cadre d'une mémoire de travail fonctionnelle, trois cas sont possibles pour expliquer l'oubli. Tout d'abord, on va trouver le cas de l'oubli par estompage qui se produira lorsqu'on mettra en place une tâche distractive entre l'encodage de l'information et la récupération de l'information. Plus cette tâche distractive sera longue, plus la récupération sera faible.

On peut également trouver l'oubli par déplacement. Cet oubli est la résultante du déplacement du stimulus au sein de la mémoire de travail pour laisser place à d'autres stimuli. Plus les stimuli seront nombreux, plus le stimulus d'origine sera déplacé pour finir par être perdu.

Pour finir, on peut citer l'oubli par interférence. On distinguera deux types d'interférences : proactive et rétroactive. Ce phénomène intervient quand un autre stimulus est présenté et interfère avec le premier stimulus et en inhibe la récupération. On parlera d'interférence proactive quand un apprentissage antérieur inhibe le rappel d'un apprentissage ultérieur. L'interférence rétro-active intervient lorsqu'un nouvel apprentissage inhibe le rappel d'un ancien apprentissage.

3- Les troubles des apprentissages du Langage Écrit

3.1 De l'apprentissage de la lecture...

3.1.1 L'apprentissage de la lecture

L'apprentissage de la lecture contrairement au développement du langage oral ne se fait pas spontanément et demande un apprentissage formel pour développer des processus et des composantes fonctionnelles propres à la lecture. Il s'agit d'une activité complexe faisant appel à de nombreuses fonctions cognitives et tout particulièrement au traitement de l'information. Apprendre à lire c'est réussir à reconnaître des mots, à acquérir les règles de correspondance graphème/phonème et à les appliquer, mais aussi et surtout pour aboutir à une lecture compétente, à automatiser ces procédures pour accéder à la compréhension.

De nombreux modèles ont été développés pour expliciter le déroulement du processus de lecture et de son acquisition, nous en développerons quelques-uns dans ce chapitre.

3.1.2 Les pré-requis à l'apprentissage du langage écrit

Un certain nombre d'éléments cognitifs doivent être développés ou en cours de développement pour permettre l'acquisition de la lecture : les pré-requis (Mazeau⁹⁹ 2005).

Parmi ces pré-requis, on identifiera :

- l'attention visuelle, nécessaire dans la perception visuelle de séquences de lettres, de leur disposition ou encore de mots ;
- La mémoire, et plus particulièrement la mémoire à court terme et la mémoire de travail, permet à l'enfant de maintenir la ou les séquences en mémoire le temps de les identifier voire de les assembler ;
- le langage oral soit aussi bien l'articulation, la parole, la richesse du lexique mais aussi la morphosyntaxe ;
- la conscience phonologique, soit la capacité à identifier des sons et à les manipuler qui facilitera l'acquisition de la conversion graphème-phonème ;
- La morphologie est la capacité à concevoir les mots comme des unités significatives lexicales ou grammaticales et à établir les frontières entre les mots. La morphologie sera particulièrement utile pour augmenter le stock lexical orthographique.

3.1.3 Les modèles de l'apprentissage de la lecture

3.1.3.1 Le modèle de Frith

La linguiste Frith²⁷ a développé en 1985 un modèle décrivant trois stratégies de lecture acquises successivement et qui interagissent pour aboutir à une lecture compétente.

La stratégie logographique est la première acquise. Elle consiste en la reconnaissance globale et contextuelle des mots grâce à des caractéristiques visuelles (forme globale ou lettres saillantes par exemple). Cette stratégie permettra à l'enfant de se constituer un petit stock visuel de mots sur lequel s'appuyer mais ne permettra pas de généralisation.

La stratégie alphabétique s'acquiert grâce à l'apprentissage formel et scolaire. Elle s'appuie sur l'identification de séquences de graphèmes transposés en phonèmes grâce à l'acquisition de la correspondance graphème-phonème. Cette stratégie est caractérisée par le développement de la conscience phonémique et l'acquisition du principe alphabétique.

Enfin la stratégie orthographique permet à l'enfant de reconnaître visuellement des séquences de lettres combinées pour former des mots. L'enfant acquiert avec cette stratégie un stock lexical orthographique qui lui permet d'accélérer sa capacité de lecture. En effet, l'enfant accède directement aux mots familiers ainsi qu'à leur sens. C'est lors de ce stade que l'enfant va commencer à développer d'autres unités de segmentation : les morphèmes, porteurs de sens.

Ainsi, pour Frith, l'acquisition de la lecture se déroule selon l'apparition et la maîtrise successive de ces trois phases.

Néanmoins le modèle de Frith a été critiqué et remis en question notamment à cause de la phase logographique. En effet, José Morais² (1991) va remettre en cause la pertinence de cette phase dans le cadre d'un modèle d'apprentissage de la lecture car elle ne constituerait pas pour lui un processus de lecture d'une écriture alphabétique.

3.1.3.2 Le modèle connexionniste

L'approche connexionniste telle que développée par McClelland⁴⁴ (1985) cherche à lier fonctionnement du cerveau et de l'esprit. Le connexionnisme dans le cadre de la lecture est une analogie du fonctionnement neuronal. En effet, le connexionnisme va développer une théorie selon laquelle l'identification de mots écrits se réalise par l'activation de réseaux constitués d'unités sensibles aux informations phonologiques, sémantiques et orthographiques. Face à un stimulus, des unités interconnectées vont s'activer aléatoirement, formant ainsi un patron d'activation instable où le traitement de l'information est distribué sur toutes les unités activées simultanément. Ce

mécanisme est alors suivi d'une rétroaction permettant de savoir si le mot identifié est correct. Auquel cas la répétition de ce stimulus entraînera la stabilisation de ces patrons d'activation et le mot sera considéré comme appris. Par contre si le mot est incorrect, lors de l'exposition suivante, le système s'adaptera pour proposer une autre réponse et activera d'autres unités.

Donc, plus l'enfant serait exposé à des stimuli quantitativement et qualitativement, plus il développerait ses réseaux ce qui permettrait l'apprentissage de la lecture.

Ainsi dans le cadre de l'approche connexionniste, l'apprentissage de la lecture est la stabilisation de ces réseaux pour obtenir des réponses constantes et précises aux stimuli.

3.1.3.3 Le modèle de Morton et Patterson puis Shewell

Ce modèle développé dès 1969 par Morton^{46, 47} rejoint plus tard par Patterson⁴⁸, dit logogène, propose deux procédures, deux voies de lecture relativement indépendantes qui aboutiraient à la lecture. Il s'agit des voies lexicale et phonologique. La voie lexicale permet l'identification visuelle globale de mots connus alors que la voie phonologique s'appuie sur les règles de conversion graphème-phonème, cette voie-ci permet le déchiffrement des mots nouveaux et des non-mots.

En 1987, Shewell⁵² se joint à Patterson pour retravailler ce modèle et créer le modèle de lecture à deux voies. La voie phonologique va devenir la voie d'assemblage. En passant par celle-ci l'enfant va segmenter la chaîne orthographique, transformer ce segment de graphèmes en phonèmes grâce aux règles de conversion graphème-phonème, puis les assembler pour les articuler. La voie lexicale va elle devenir la voie d'adressage. Celle-ci, pour se mettre en place, a besoin que l'enfant ait acquis un stock lexical orthographique lui permettant une reconnaissance visuelle globale des mots qui, lui, entraînera un accès direct au sens du mot grâce au système sémantique et autorisera la production orale du mot.

De la même façon que le modèle initialement conceptualisé par Morton, la voie d'assemblage est nécessaire à la lecture de mots nouveaux et de non-mots et la voie d'adressage permet la lecture de mots familiers encodés dans le stock lexical orthographique.

C'est sur la base de la critique de ces modèles que naîtra le modèle de Seymour.

3.1.3.4 Le modèle de Seymour

Le modèle de Seymour⁶⁶ (1997) s'inspire du modèle de Patterson et Shewell, en cela qu'il propose effectivement un modèle à deux procédures : l'assemblage et l'adressage mais à trois voies potentiellement interactives, introduisant dans le modèle de Patterson et Shewell une voie sémantique dans la procédure d'adressage. (voir figure 2)

Ainsi Seymour va proposer dans son modèle trois processeurs : le processeur visuel, le processeur sémantique et le processeur phonologique.

Le processeur visuel est le système permettant la reconnaissance des formes graphémiques, lettres, séquences de lettres, morphèmes libres ou liés à des mots. Ce processeur se construit au fil des apprentissages alors que les deux autres processeurs existent avant les apprentissages puisque nécessaires au langage oral.

Le processeur sémantique est le système permettant l'accès à la compréhension et la construction de l'interprétation de la syntaxe. Ce système contient également les traits sémantiques.

Le processeur phonologique est le système de production de la parole. Il contient le stock lexical et permet la représentation phonémique de la parole.

On distinguera trois voies différentes dans ce modèle.

Tout d'abord, la voie g ou voie graphémique où l'enfant va transmettre les graphèmes perçus au processeur phonologique où aura lieu la conversion graphème-phonème, celle-ci permettra la production orale soit suite à un assemblage soit suite à la sélection dans le stock lexical de l'élément correspondant à la séquence convertie.

Ensuite, il y a les voies m ou morphémiques. On distingue deux types de voies morphémiques mais l'amorce de ces voies est la même. L'enfant va percevoir visuellement des unités morphémiques. Dans la première voie morphémique, les unités morphémiques seront transmises au processeur phonologique où un élément lexical sera adressé directement et la séquence phonologique qui y est associée sera activée permettant alors la production orale. Dans la seconde voie morphémique, les unités morphémiques seront transmises au processeur sémantique, là sera possible la compréhension ou la transmission au processeur phonologique pour aboutir à la production orale.

Ce modèle permet d'isoler les différentes composantes nécessaires au traitement du langage écrit et donc, en cas de dysfonctionnement de l'appréhension et du traitement de l'information écrite, de déterminer quelle composante est à l'origine de ce dysfonctionnement grâce à des évaluations différenciées pour chaque composante.

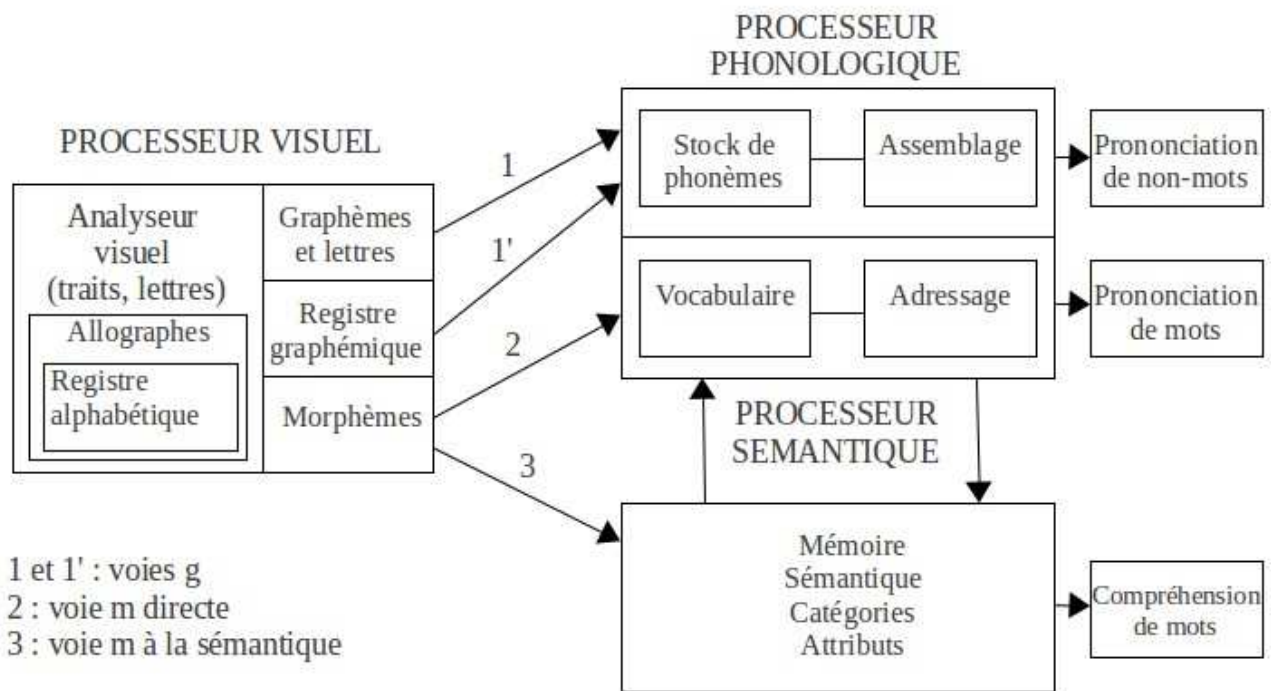


Figure 2: le modèle de traitement de l'information écrite de Seymour (1986)

3.2 ...et de l'acquisition de l'orthographe...

3.2.1 Lien entre lecture et orthographe

La lecture et l'orthographe se développent en même temps, il s'agit de deux activités interdépendantes. Mais la lecture est tout particulièrement impliquée dans l'écriture, permettant son contrôle via la relecture de la production écrite. Cette implication de la lecture dans le développement de l'écriture est notamment démontrée dans une étude d'Ehri²² en 1980 dans laquelle des enfants entraînés à lire des pseudo-mots constitués de séquences de lettres précises, sont capables d'écrire correctement 70% de ces pseudo-mots.

Pour démontrer l'implication de l'écriture dans la lecture, on peut citer l'étude d'Ehri et Wilce²³ en 1987 qui ont amélioré les performances de lecture d'enfants en les entraînant à segmenter les mots en phonèmes qu'ils représentaient par des graphèmes sur une base phonétique. En effet, les enfants ont eu plus de facilités par la suite à lire d'autres mots proches orthographiquement.

D'après Frith³⁸, la lecture et l'orthographe se développeraient en interaction à chaque stade qui se diviserait en deux phases: la première montre les divergences de stratégie entre lecture et orthographe, la seconde montre les convergences de stratégie. De plus, le passage à chaque stade serait supporté soit par la lecture, soit par l'écriture.

Ainsi, d'après Frith, la lecture permettrait l'entrée dans le stade logographique puis dans le stade orthographique alors que l'écriture permettrait d'entrer dans le stade alphabétique, cet acte nécessitant une maîtrise plus fine du code alphabétique et une conscience phonologique explicite.

La lecture dans le stade alphabétique permettra une représentation plus fine et précise des séquences de lettres. Ces représentations permettront le développement d'une voie d'assemblage plus efficace et donc d'une orthographe phonétique correcte.

De plus, lors du passage au stade orthographique, la lecture répétée de mots développera le stock lexical orthographique. Le développement de ce stock améliorera de fait les possibilités de l'orthographe lexicale.

3.2.2 L'acquisition de l'orthographe

L'orthographe est une tâche complexe nécessitant la mise en application simultanée de plusieurs processus : contrôler les mouvements de l'écriture, respecter les conventions de la langue écrite, ainsi que les règles complexes de la langue française. L'orthographe est multidimensionnelle mettant en jeu tant des connaissances linguistiques, que la mise en mémoire, que des procédures de traitement orthographique.

Avant de détailler les différentes dimensions mises en jeu dans l'orthographe, nous nous intéresserons au développement de la capacité d'écrire.

Ehri^{24, 25} (1992) propose un modèle centré sur le système alphabétique où il différencie 4 niveaux. Le premier niveau est le niveau préalphabétique où l'enfant produit des traces écrites sans qu'elles soient porteuses de sens et sans lien phonologique. Ensuite se développe le niveau alphabétique partiel avec le début de l'acquisition du système alphabétique ce qui permet à l'enfant d'orthographier des lettres saillantes mais il ne peut pas encore segmenter les mots correctement. Puis vient le niveau alphabétique avec l'acquisition du système de conversion phonème-graphème qui lui permet d'écrire par invention et de réaliser des productions phonologiquement correctes et d'orthographier en se basant sur un raisonnement analogique. Enfin vient le niveau alphabétique consolidé où l'enfant va pouvoir accéder directement à l'orthographe des mots et mémoriser des séquences de lettres plus longues.

Luria⁴² (1983) quant à lui décrit plusieurs stades successifs de pré-développement du langage écrit. Durant la première phase, les enfants ne conçoivent pas l'écriture comme un outil et ne peuvent donc que difficilement comprendre l'intérêt d'une tâche de mémorisation de mots écrits. Pendant la seconde phase, les enfants imitent l'écriture en produisant des gribouillis, ils ne peuvent pas encore concevoir l'écrit comme porteur de sens. A partir de 4 ans, l'enfant commence à percevoir le rythme

de la langue et adapte donc la longueur de sa production graphique à la longueur de la phrase entendue. L'enfant fait le parallèle entre ce qu'il entend et ce qui doit être écrit. Pendant la période suivante intitulée période pictographique, qui commence vers 5 ans, l'enfant commence à dessiner les objets. Cette représentation graphique va peu à peu se simplifier pour devenir plus arbitraire. Enfin vers 6 ans, l'enfant acquiert des connaissances scolaires qui lui permettent de produire des lettres.

Partant des études de Luria, on considère globalement 4 stades successifs dans l'acquisition de l'écriture. Le premier est celui de l'indifférenciation, l'enfant ne différencie pas les lettres des dessins, puis vient celui de la différenciation progressive où les lettres sont utilisées indifféremment. Le troisième stade est celui où pour l'enfant les lettres deviennent conventionnelles et il peut varier le nombre de caractères pour « écrire » des mots différents. Enfin, le dernier stade est celui où la conversion graphème-phonème est possible. L'enfant attribue un son à chaque lettre en commençant par identifier la syllabe puis le phonème. L'enfant va donc devoir acquérir la conversion phonologique soit la relation entre lettre et son.

Ainsi l'enfant peut rentrer dans l'écrit, il lui reste à développer une orthographe correcte.

Pour ce faire, l'enfant doit bénéficier d'un stock lexical orthographique qu'il se constituera progressivement à force de lire. Mais celui-ci tel qu'on peut le concevoir a priori, soit un stock de séquences de lettres, ne peut être suffisant. Ce stockage est plus complexe pour permettre notamment de conserver les mots irréguliers. L'enfant ne peut apprendre les mots uniquement en les ayant lus suffisamment de fois, il doit comprendre et intégrer des principes orthographiques à l'origine de la morphologie des mots (par exemple le « d » de gourmand car on dit « gourmande »). Ce type de principe s'acquiert par l'observation et la réflexion. Pour développer ces principes, l'enfant utilisera l'analogie en référence à des mots familiers présents dans son stock lexical orthographique, mais aussi les relations morphologiques entre les mots. Enfin, si l'enfant a besoin d'acquérir ces principes afin d'orthographier correctement les mots, il doit également apprendre à écrire correctement les mots dans le contexte syntaxique. Pour cela l'enfant va devoir apprendre les relations grammaticales. Néanmoins pour pouvoir les comprendre et les appliquer, il doit être capable de classer et de déterminer la nature des mots afin de pouvoir établir les relations qu'ils entretiennent et donc de pouvoir choisir les morphèmes conventionnels leur correspondant.

Enfin, il ne s'agit pas uniquement de mémorisation et d'acquisition des principes orthographiques et des relations grammaticales. Au-delà de ces éléments, l'enfant devra automatiser ces principes, en effet, l'activité d'écrire demandera un effort cognitif qui ne pourra être réduit que par l'automatisation des procédures orthographiques. Cette automatisation ne pourra se mettre en place que grâce à un entraînement: plus l'enfant écrira, plus il automatisera ces principes indispensables à

l'orthographe.

3.2.3 Les voies de l'orthographe

Selon le modèle cognitif de l'orthographe (Ellis⁸⁸ 1984), l'enfant utiliserait deux types de voies différentes pour orthographier les mots : la voie lexicale et la voie non-lexicale. En effet, pour pouvoir écrire un mot, l'enfant s'appuiera soit sur ses différentes connaissances comme les règles d'orthographe d'usage apprises à l'école, soit sur les représentations écrites contenues dans son stock lexical orthographique selon que le mot soit familier et connu ou non.

Dans le cadre d'une activité écrite, le mot sera entendu par l'enfant et, selon qu'il lui soit connu ou non, il utilisera l'une ou l'autre des deux voies. Dans le cas où l'enfant ne connaît pas le mot, il s'appuiera sur la voie non-lexicale, le mot entendu sera traité par le système d'analyse auditive qui transférera le message acoustique au système de conversion phonème-graphème. Dans ce système, le mot sera segmenté en plusieurs sons, ces derniers seront alors transcodés en graphèmes qui seront ensuite assemblés. Cet assemblage sera conservé dans le buffer graphémique avant de devenir la réponse écrite.

Si, par contre, l'enfant entend un mot connu, celui-ci sera traité dans le système d'analyse auditive qui va activer dans le lexique phonologique d'entrée, la représentation phonologique du mot. Une fois cette représentation mise en jeu, elle va enclencher la représentation correspondante dans le système sémantique puis l'image visuelle du mot stockée dans le stock lexical orthographique. Ce lexique orthographique est qualifié de « sortie » car, à ce moment-là, la représentation visuelle en cours est récupérée dans le stock lexical orthographique et transmise au buffer graphémique pour produire la réponse écrite.

3.3 ...aux pathologies du langage écrit

3.3.1 La ou les dyslexies

3.3.1.1 Définition

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé, la dyslexie est un trouble persistant de l'acquisition du langage écrit. Ce trouble affecte la maîtrise des mécanismes d'identification des mots écrits, il empêche l'automatisation des stratégies de lecture et donc perturbe la mise en place d'une lecture fluide et efficace et entrave la compréhension de texte. On ne peut parler de dyslexie qu'en l'absence de carences éducatives, de tout déficit intellectuel, sensoriel et neurologique ainsi que de tout

trouble psycho-affectif.

3.3.1.2 Classification des dyslexies

On distingue trois grandes catégories de dyslexie de développement (Boder¹⁸, 1973) : la dyslexie dysphonétique ou phonologique, la dyslexie de surface, la dyslexie mixte. Nous détaillerons ces trois types de dyslexie dans ce chapitre.

a) Dyslexie phonologique

Cette dyslexie (Boder 1970¹⁶, 1971¹⁷, Bakker 1987¹⁰, 1992¹¹), aussi appelée dysphonétique, se caractérise par la difficulté à utiliser la voie d'assemblage soit à maîtriser la conversion graphème-phonème et à respecter l'ordre séquentiel de la lecture. Cette dyslexie entraîne l'utilisation dominante de la voie d'adressage et donc une lecture globale des mots ce qui empêche la discrimination de mots orthographiquement proches. L'enfant s'appuie autant que possible sur le contexte pour identifier les mots. Cette dyslexie met l'enfant en grande difficulté dans la lecture de non-mots, celle-ci nécessitant une voie d'assemblage efficiente.

On note dans cette dyslexie des erreurs fréquentes telles que la confusion de graphies proches visuellement ou auditivement, des inversions de séquences de lettres, des omissions de consonnes et de syllabes ou encore des ajouts de graphies.

b) Dyslexie de surface

La dyslexie de surface (Seymour¹⁰⁶, 1986), aussi appelée lexicale ou dyséidétique (Boder 1970¹⁶, 1971¹⁷), est une dyslexie dans laquelle l'enfant ne peut utiliser que sa voie d'assemblage ce qui rend sa lecture très lente et laborieuse et rend difficile l'accès au sens. Cette dyslexie contrairement à la dyslexie phonologique n'est pas associée à un trouble d'ordre phonologique.

Ainsi l'enfant est particulièrement en difficulté devant les mots irréguliers dont la forme graphique ne correspond pas exactement à la forme phonologique ce qui peut notamment entraîner des régularisations. De plus, l'enfant a du mal à discriminer les homophones et les formes orthographiques d'usage. Toutefois, l'enfant ayant une dyslexie de surface reste performant dans la lecture de pseudo-mots et de mots réguliers.

c) Dyslexie mixte

On parle de dyslexie mixte lorsque les deux voies de lecture sont touchées. Ainsi dans le cadre de

ces dyslexies, l'enfant ne peut s'appuyer sur aucune des deux voies ce qui va fortement handicaper sa lecture. En effet, l'enfant ne peut s'appuyer sur une conversion graphème-phonème fiable ni sur la reconnaissance globale des mots. Ce type de dyslexie est relativement fréquent ce qui pourrait s'expliquer par deux éléments. D'une part, l'enfant aurait un trouble de la constitution du stock lexical orthographique dû uniquement au déficit de la voie d'adressage mais ce stock lexical faible ne lui permettrait pas de s'y référer pour développer la conversion-graphème-phonème en s'appuyant sur des modèles. D'autre part, l'enfant a des difficultés à établir une correspondance graphème-phonème fiable et stable, ce qui entraverait la constitution de représentations lexicales et donc le développement d'un stock lexical orthographique.

Ainsi la faiblesse d'une voie entraînerait la difficulté à développer l'autre.

d) Dyslexie visuo-attentionnelle

La dyslexie visuo-attentionnelle (Valdois⁸¹, 1995) est une dyslexie qui est parfois décrite comme un trouble associé et non comme un trouble spécifique. Cette dyslexie serait la conséquence d'une atteinte du processus visuel global qui empêcherait le traitement orthographique du mot. L'enfant ne pourrait traiter la totalité de l'information visuelle d'un mot mais seulement quelques lettres ce qui entraverait la lecture des trigrammes et la segmentation du mot. On ne trouverait pas dans cette dyslexie de trouble phonologique mais la lecture reste lente et laborieuse avec de nombreuses erreurs visuelles et des régularisations sur les mots irréguliers. De plus, l'enfant serait en grande difficulté sur les homophones non homographes et ne disposerait que d'un faible stock lexical orthographique et visuel.

3.3.2 La ou les dysorthographies

3.3.2.1 Définition

La dysorthographie est un trouble développemental dans l'utilisation des processus liés à la production de l'écrit. Il serait un trouble fréquemment retrouvé chez les enfants dyslexiques, les processus mis en jeu dans la lecture et l'écriture étant proches.

On distingue plusieurs types de dysorthographies, comme dans la dyslexie.

La dysorthographie handicaperait donc la production de l'écrit avec plusieurs types d'erreurs. Parmi ceux-là on différencie les erreurs phonétiques, grammaticales, d'usage et de segmentation.

Les erreurs phonétiques concernent les erreurs de conversion phonème-graphème qu'elles soient

dues à des confusions visuelles ou auditives, à des inversions ou encore à des ajouts ou omissions de phonèmes.

Les erreurs d'orthographe d'usage sont les transcriptions de mots correctes phonétiquement mais ne correspondant pas à leur orthographe usuelle.

Les erreurs de segmentation consistent en des erreurs de découpage de mots qui sont soit non-individualisés, soit mal découpés.

Enfin, les erreurs grammaticales concernent l'accord en genre et/ou en nombre, l'accord du participe passé, l'accord sujet-verbe et les conjugaisons, l'emploi de l'infinitif et les homophones.

3.3.2.2 Classification

On peut distinguer plusieurs types de dysorthographies selon les voies de production écrite atteintes dans la dysorthographie.

a) Dysorthographie phonologique (Shallice et Warrington 1980)

Souvent associée à une dyslexie phonologique, on trouvera dans cette dysorthographie, décrite par Shallice et Warrington⁶⁸, beaucoup d'erreurs phonologiques notamment dans les graphies complexes. Le stock lexical orthographique est réduit bien que certains mots puissent être orthographiés correctement.

On note également dans cette dysorthographie de nombreuses erreurs de segmentation ainsi que des erreurs grammaticales, l'accès à l'analyse grammaticale étant très difficile.

b) Dysorthographie de surface (Shallice, Warrington et McCarthy 1983)

Cette dysorthographie, décrite par Shallice, Warrington et McCarthy⁶⁹, est le plus souvent associée à une dyslexie de surface. On y retrouve des performances faibles en décision lexicale. De plus, le stock lexical orthographique étant faible, l'enfant s'appuie uniquement sur sa voie d'assemblage pour orthographier les mots. Ainsi les mots seront orthographiés correctement sur le plan phonologique grâce à l'utilisation de la voie d'assemblage. Néanmoins, l'usage de cette voie étant extrêmement coûteux cognitivement, l'enfant ne peut s'attacher à l'orthographe grammaticale : plus la syntaxe sera complexe, plus l'enfant sera en difficulté sur l'orthographe grammaticale.

3.3.3 Pour finir : l'évaluation des troubles spécifiques du langage écrit

L'évaluation est une étape essentielle dans l'appréhension du trouble, sa prise en charge et l'objectivation de son évolution au cours de la prise en charge. A cette fin d'évaluation, nous utiliserons différents tests pour les domaines suivants : la perception visuelle, la perception auditive, le traitement des informations, la production aussi bien en lecture qu'en écriture et la compréhension de l'écrit.

Il sera en effet nécessaire d'évaluer la perception visuelle dont va dépendre le traitement de l'information notamment pour une activité essentielle en lecture : l'identification de mot écrit. Pour évaluer cette perception visuelle très liée aux capacités attentionnelles, des tâches de barrages pourront être utilisées.

La capacité à identifier un mot écrit sera, quant à elle, plus délicate à évaluer. En effet, identifier un mot écrit va différer selon la stratégie utilisée : assemblage ou adressage. Il sera essentiel dans le cadre de l'évaluation d'un trouble de l'apprentissage du langage écrit d'évaluer l'efficacité de ces deux voies de lecture. Pour évaluer l'efficacité de la voie d'assemblage, on utilisera des tâches de lecture de logatomes et de mots réguliers qui seront correctement lus quand le processus de conversion graphème-phonème sera efficace. Pour la voie d'adressage en lecture, on testera plutôt la lecture de mots irréguliers car la lecture correcte de ces mots ne correspondant pas strictement à leur conversion grapho-phonémique, nécessite l'accès à leur représentation dans le lexique orthographique.

Il conviendra également d'évaluer la vitesse de lecture afin de prendre en compte le degré d'automatisation des stratégies d'assemblage et d'adressage et donc le niveau de lecture de l'enfant. A cette fin, on évaluera la lecture chronométrée de mots et de texte. Mais sur le plan de l'observation clinique, il s'agira également de juger de la qualité de la lecture, d'observer son rythme, sa fluidité, l'intonation mise dans la lecture d'un texte.

On s'attachera également à évaluer la compréhension écrite de mots, de phrases et de textes en utilisant des tests de lecture combinée à de la désignation d'images avec distracteurs visuels, phonologiques et sémantiques pour les mots ainsi que pour les phrases et à des questions pour les textes.

Enfin on s'intéressera à la production de l'écrit et à l'orthographe. L'évaluation de ces domaines sera diversifiée selon l'orthographe. On pourra évaluer l'efficacité de la voie d'assemblage en production écrite via une tâche de transcription de logatomes, mais aussi les compétences en adressage à l'écrit via la dictée de mots irréguliers. Les dictées de phrases et de texte permettront également d'évaluer ces deux voies mais aussi l'orthographe grammaticale. Dans ces dictées, on aura un aperçu du coût

cognitif d'une telle épreuve et donc du degré d'automatisation des procédures à mettre en œuvre simultanément pour aboutir à une production écrite correcte sur le plan orthographique.

Enfin, comme dans le cadre de l'évaluation psychométrique, les tests d'évaluation des troubles spécifiques de l'apprentissage du langage écrit se doivent d'être valides, sensibles, fidèles et étalonnés.

4- Lien entre langage écrit et mémoire de travail

La mémoire de travail a un rôle essentiel dans l'apprentissage du langage écrit. En effet, comme cela a été dit précédemment, la mémoire de travail est un des pré-requis au langage écrit. La question est donc de savoir quel rôle elle tient tant dans la lecture que dans l'écriture et donc en cas de défaut de la mémoire de travail quel impact cela peut avoir sur leur apprentissage.

4.1 La compréhension de la lecture

4.1.1 Définition et mécanisme de la compréhension de la lecture

La compréhension de la lecture est un processus de haut niveau qui a pour fonction de construire une représentation mentale globale et cohérente des informations perçues.

Pour pouvoir comprendre une phrase ou un texte, l'enfant doit tout d'abord lire, ce qui constitue en soi une activité complexe nécessitant un traitement séquentiel impliquant un processus de conversion graphème-phonème ou d'identification globale. Après avoir identifié le mot, on accédera au lexique mental pour attribuer du sens à chaque terme lu. Puis, on passera à l'analyse syntaxique et à l'intégration des propositions avec leur signification, ainsi on établira une cohérence locale. Ensuite on recherchera en mémoire les éléments nécessaires à la construction de relations interpropositionnelles et à produire des inférences en se basant sur les connaissances linguistiques et conceptuelles. Ces relations interpropositionnelles et les inférences produites permettront d'organiser les propositions hiérarchiquement ce qui amènera à l'élaboration d'une cohérence globale.

La compréhension d'une phrase ou d'un texte est donc un processus complexe comportant de nombreuses étapes se déroulant très rapidement.

4.1.2 Mémoire de travail et compréhension de la lecture

D'après Gaonac'h²⁸, la mémoire de travail intervient dans l'acquisition de la lecture, en cela qu'elle permet la rétention et le traitement momentané d'informations utilisées dans des tâches d'apprentissage, de raisonnement ou encore de compréhension. Dans le cadre de la compréhension en lecture, la mémoire de travail permet à l'enfant de maintenir en mémoire la phrase qu'il est en train de lire grâce au phénomène de répétition articulatoire alors que l'administrateur central allouera les ressources nécessaires à la recherche des éléments en mémoire à long terme permettant la compréhension de ce qui est maintenu en mémoire.

La mémoire de travail va ainsi permettre à l'enfant à la fois de décoder les mots, de se souvenir de ce qu'il lit et d'utiliser les règles de conversion graphème-phonème. L'une des difficultés de la lecture étant de réaliser simultanément ces tâches, soit un traitement linguistique et une rétention momentanée du résultat de ce traitement linguistique, il semble évident que la mémoire de travail a un rôle essentiel dans la lecture et sa compréhension. On soulignera plus particulièrement l'intérêt fondamental de l'administrateur central qui distribuera les ressources attentionnelles nécessaires à toutes ces tâches et les coordonnera. En effet, les mots seront perçus visuellement, décodés et stockés au fur et à mesure de leur arrivée mais aussi simultanément récupérés dans le stock lexical pour ensuite donner lieu à l'ensemble des processus cognitifs mis en œuvre dans la compréhension. Ainsi, en cas de déficit de la mémoire de travail, l'enfant aura des difficultés à intégrer les différents éléments d'une phrase ou d'un texte pour aboutir à la compréhension globale de la phrase ou du texte. En effet, la réalisation d'inférences est une des étapes de la compréhension mais celle-ci est dépendante de la mémoire de travail. Ainsi un déficit de mémoire de travail aura également un impact négatif sur la capacité à faire des inférences à partir d'un texte. En effet, si la mémoire de travail dysfonctionne et ne stocke pas tous les éléments pertinents nécessaires à la compréhension, cela faussera la construction d'inférences.

Enfin en cas de déficit de la mémoire de travail, on atteindra rapidement une situation de surcoût cognitif qui entravera la lecture et sa compréhension.

La mémoire de travail est donc une composante fondamentale de la compréhension du langage écrit.

4.2 La production écrite

4.2.1 Définition et procédures de la production écrite

Selon Lambert³⁷, on peut différencier deux types de production écrite : la production écrite correspondant à la transcription d'un texte dicté et la production écrite spontanée. Si ces deux types de production écrite ont un démarrage différent, leur finalité, soit la réalisation d'une trace écrite, fait intervenir les mêmes mécanismes de mise en œuvre de l'orthographe précédemment décrits.

Nous nous pencherons donc plus spécifiquement sur les procédures de production écrite spontanée. Les connaissances déclaratives sont un pré-requis nécessaire à la production écrite spontanée. On différenciera trois types de connaissances : les connaissances liées au domaine abordé par le texte à produire, les connaissances pragmatiques et rhétoriques c'est-à-dire à qui s'adresse le texte à produire, pourquoi et comment s'adresser à ce lecteur potentiel et enfin les connaissances linguistiques c'est-à-dire le lexique, l'orthographe, la syntaxe, etc...

Au niveau du mécanisme de production écrite, on distingue quatre processus rédactionnels :

- le processus de planification intervient en premier. Dans la planification, on va récupérer en mémoire à long terme les concepts et connaissances nécessaires, puis élaborer et organiser les contenus du texte. La planification permet d'assurer la cohérence locale et globale de la future production. On distinguera trois stratégies de planification :

- la planification par abstraction qui permet la manipulation et l'organisation de concepts en vue de la production de brouillon ou de premier jet général.
- la planification par analogie réutilise des connaissances précédemment utilisées dans d'autres activités qui peuvent être réinvesties dans la production du texte visé.
- la planification par modélisation élabore un modèle mental en identifiant les différentes dimensions et contraintes de l'activité.

La planification est un processus conscient, contrôlé et non-automatisé.

- Le processus de formulation intervient par la suite, c'est le passage du contenu conceptuel réalisé dans la phase de planification à l'élaboration du message linguistique. La formulation va articuler les niveaux sémantiques et linguistiques. C'est également lors de l'étape de la formulation qu'on va mettre en œuvre les traitements orthographiques, lexicaux et grammaticaux: la conversion phonème-graphème et le raisonnement par analogie pour orthographier les mots inconnus, l'accès au stock lexical orthographique pour les mots connus et le recours à l'analyse grammaticale pour la détermination des morphèmes adéquats dans le contexte syntaxique. La formulation est constituée de processus automatisés comme la production orthographique et de processus moins automatisés comme la production de l'orthographe grammaticale.

- Le processus de révision survient en troisième position. Il permet de revenir sur le texte au cours de son élaboration pour le vérifier, voire le modifier si nécessaire en cas de détection d'erreur ou pour l'améliorer, ainsi la compréhension et les capacités métacognitives sont des composantes indispensables de ce processus. On distingue trois traitements différents dans le processus de révision : la comparaison entre le texte voulu et le texte produit, l'évaluation de la différence entre les deux et la modification éventuelle pour diminuer cette différence. La révision est un processus contrôlé et non-automatisé.

- Le processus d'exécution finalise la production. Il est la réalisation physique de l'acte d'écriture qui nécessite deux traitements différents : un traitement proactif et un traitement rétroactif. Le traitement proactif va récupérer le programme moteur nécessaire à la transcription des lettres (forme, taille...) et à son exécution. Le traitement rétroactif est un traitement qui permet un feedback visuel dont l'analyse permettra le bon agencement de la graphie sur son support. L'automatisation de ce processus est nécessaire et s'acquiert avec la maturation nerveuse.

4.2.2 Production écrite et mémoire de travail

Que l'on soit dans le cadre d'une production écrite spontanée ou sous dictée, la mémoire de travail est indispensable et tout particulièrement pour l'orthographe.

En effet, l'acte d'écrire va demander au scripteur d'exécuter plusieurs tâches simultanément. Le scripteur va récupérer le mot dans le stock lexical orthographique ou appliquer une conversion phonème-graphème, exécuter l'acte moteur ainsi que mobiliser et appliquer les règles grammaticales dans un contexte syntaxique qui doit être analysé. La tâche d'écrire une phrase ou un texte est donc complexe et implique la mise en œuvre simultanée de nombreux processus et traitements. Cette simultanéité nécessite l'allocation et la distribution de ressources attentionnelles ainsi que la coordination de ces différentes tâches ce qui relève du rôle de l'administrateur central. De plus, l'obtention d'une orthographe grammaticale nécessite de se souvenir des règles d'accords et, pour les appliquer, il faut pouvoir maintenir en mémoire les éléments pertinents influant sur les différents accords en même temps que l'on écrit. Il est donc indispensable de maintenir temporairement en mémoire la phrase ou les segments de phrase, processus assuré par la boucle phonologique et l'administrateur central.

De plus, d'après Kellogg³⁶ (1996), dans le cadre de la production écrite spontanée, certains processus font appel à des composantes précises de la mémoire de travail. Ainsi on peut citer le processus de planification qui pourrait s'appuyer sur le calepin visuo-spatial pour pouvoir récupérer certains concepts sous forme d'image mentale par exemple, ou encore pour organiser le texte en s'appuyant sur une représentation mentale des relations entre chaque partie du texte à produire. On peut également donner l'exemple du processus de formulation qui s'appuierait préférentiellement sur la boucle phonologique en raison du traitement linguistique utilisé dans la phase de formulation, celui-ci donnerait alors lieu au phénomène de récapitulation articulatoire. Enfin, dans cette même phase, l'administrateur central serait également indispensable car il permettrait le passage du conceptuel au linguistique.

Ainsi la mémoire de travail est absolument indispensable à la production écrite. En cas de déficit de la mémoire de travail, la production écrite sera fortement perturbée. En effet, la mémoire de travail a un rôle essentiel de la conception de la production écrite à sa réalisation graphique jusqu'à la gestion de l'orthographe et tout particulièrement de l'orthographe grammaticale.

5. Expérimentation

5.1. Problématique

Les troubles des apprentissages du langage écrit sont par définition indépendants du niveau intellectuel du sujet : les enfants intellectuellement précoces peuvent donc en être atteints.

Néanmoins, les particularités cognitives de ces enfants constituent à la fois des atouts (ex : développement de stratégies compensatoires importantes) et des inconvénients (ex : dyssynchronies fréquentes).

La lecture d'un enfant intellectuellement précoce devient souvent rapidement fonctionnelle grâce à ses capacités de compensation. Cela entraîne un dépistage tardif du trouble d'apprentissage du langage écrit potentiellement présent. Le trouble se révèle alors lors de la production d'écrits.

La mémoire de travail étant un élément clé dans les processus d'apprentissages et plus particulièrement dans la production écrite et la compréhension de la lecture, il pourrait être intéressant de s'en préoccuper. Il convient de tenir compte de deux éléments particuliers : selon Swanson^{75, 76}, d'après une étude menée en 2000, même si la mémoire de travail est entraînée spécifiquement et que l'on aboutit à une amélioration attestée de ses performances, la généralisation de cette compétence à d'autres activités cognitives n'a pu être prouvée. Néanmoins, selon Revol et Fournier⁶⁵, les enfants à haut potentiel intellectuel disposent de capacités de transfert et d'apprentissage exceptionnelles.

Tenant compte de ces constats, certaines questions se posent :

Les capacités de transfert et d'apprentissage des enfants précoces s'appliquent-elles à la mémoire de travail et aux autres activités cognitives? Est-ce qu'un entraînement spécifique de la mémoire de travail chez les enfants à haut potentiel intellectuel peut avoir des répercussions sur d'autres activités cognitives? Un entraînement spécifique de la mémoire de travail a-t-il un impact sur l'efficacité de la prise en charge des troubles des apprentissages chez les enfants précoces?

5.2 Hypothèse

L'entraînement spécifique de la mémoire de travail chez des enfants intellectuellement précoces atteints de trouble spécifique du langage écrit améliore-t-il leurs capacités de lecture, orthographe et compréhension?

5.3 Population

En raison de la difficulté à dépister précocement les troubles des apprentissages du langage écrit chez les enfants précoces, la population devra être située dans la tranche d'âge suivante : 11 à 16 ans.

Critères d'inclusion :

- Les sujets devront avoir eu une évaluation psychométrique au moyen de la WISC IV¹²⁰ dans les 6 mois précédents. Les enfants devront avoir un quotient intellectuel défini suite à cette évaluation compris entre 125 et 150.
- Les sujets devront bénéficier d'une prise en charge orthophonique à raison d'une fois par semaine.
- Il est nécessaire que les sujets présentent un trouble des apprentissages du langage écrit et plus précisément une dysorthographe.
- Les sujets de la population devront avoir un profil cognitif proche au niveau des indices de compréhension verbale et de raisonnement perceptif avec un indice de mémoire de travail de la WISC IV chuté d'au moins 20 points comparativement aux autres indices mais pas plus de 60 points en dessous.

Critère d'exclusion :

- Les sujets ne devront pas présenter de troubles attentionnels ou d'hyperactivité.
- Les sujets ne devront pas présenter de troubles du comportement.

Néanmoins deux critères d'inclusion étaient délicats.

Pour ce qui est de l'obligation que seul l'indice de mémoire de travail soit chuté, on sait que celui-ci est corrélé à l'indice de vitesse de traitement. En effet, moins la vitesse de traitement sera performante, plus la mémoire de travail sera sollicitée pour maintenir plus longtemps l'information et non pour maintenir plus d'éléments. Inversement, la mémoire de travail intervient dans les épreuves de l'indice de vitesse de traitement de la WISC IV. En effet, dans l'épreuve de code, si l'enfant réussit à maintenir en mémoire certaines correspondances cela lui évitera de retourner chercher l'information dans le modèle et donc lui permettra d'accomplir plus rapidement l'épreuve. De même, dans l'épreuve de repérage, si l'enfant parvient à maintenir en mémoire les éléments à

rechercher dans la séquence proposée, il améliorera sa rapidité d'exécution, ce qui influera sur les résultats de l'épreuve et donc sur l'indice de vitesse de traitement. Ces deux indices étant fortement liés, il a été retenu finalement comme critère un écart d'au moins 20 points entre l'indice de mémoire de travail et les indices de compréhension verbale et de raisonnement perceptif.

Enfin au sujet du QI devant être supérieur à 125, comme on ne peut calculer un QI total lorsqu'il existe des écarts de plus de trente points entre certains indices, il y a incohérence. C'est pourquoi les QI qui seront donnés ne le seront qu'à titre indicatif puisqu'ils sont nécessaires à la sélection de la population.

5.4 Bilan initial et outils de bilan

Pour sélectionner la population correspondant aux critères précédemment évoqués, et évaluer le niveau de départ des enfants, différents bilans leur ont été proposés. Un bilan psychométrique qui a permis d'inclure ou d'exclure des sujets de la population ainsi que d'évaluer les performances en mémoire de travail. Cette évaluation de la mémoire de travail a été complétée notamment par une analyse chiffrée de la composante visuo-spatiale. Un bilan des troubles des apprentissages du langage écrit a été effectué au moyen de tests orthophoniques. L'évaluation de la mémoire de travail et des troubles du langage écrit a été réalisée avant la prise en charge et après la prise en charge afin de pouvoir observer l'évolution.

5.4.1 Le bilan psychométrique

Nous avons choisi d'utiliser la WISC IV comme outil d'évaluation psychométrique pour plusieurs raisons

D'une part, la WISC est l'un des instruments privilégiés des psychologues pour mener une évaluation de la performance intellectuelle. Étant donné la rareté du type de population recherchée, il était nécessaire de choisir un outil courant chez les psychologues afin d'augmenter les chances de trouver cette population.

D'autre part, l'étude s'intéressant à des adolescents d'un niveau scolaire de 4ème/3ème, il était nécessaire de choisir un outil permettant d'évaluer les performances à cet âge. Or, si les tests psychométriques s'intéressent souvent aux enfants de 2 ans et demi à 12 ans et demi, rares sont ceux qui proposent une évaluation pour les 13 à 16 ans. La WISC, étalonnée de 6 à 16 ans, fait partie de ces tests.

Enfin, dernière raison mais non des moindres, la WISC est l'une des rares batteries à proposer une évaluation de la mémoire de travail, même si celle-ci aurait besoin d'être complétée car elle ne

sollicite pas directement le calepin visuo-spatial. Néanmoins, l'évaluation par ce test de la mémoire de travail lui confère un avantage non-négligeable: en effet, cela permettait d'exclure ou d'inclure directement un potentiel sujet dans la population de notre étude.

Ainsi la WISC IV nous a semblé être l'outil le mieux adapté pour sélectionner les sujets pouvant entrer dans le cadre de cette étude.

5.4.2 Le bilan orthophonique

Les enfants sélectionnés devaient bénéficier d'une prise en charge orthophonique et ont donc déjà eu un diagnostic de dyslexie-dysorthographe. Néanmoins, afin de confirmer ces diagnostics et d'avoir des éléments de comparaison en début et fin de protocole d'entraînement de la mémoire de travail, nous leur avons fait passer plusieurs tests.

Pour commencer, nous avons administré « le vol du PC¹⁷ » élaboré par Corinne Boutard, Isabelle Claire et Laurent Gretchanovsky en 1997. L'intérêt de ce test est double.

En effet, il permet tout d'abord l'appréhension de l'efficacité de la lecture d'un sujet grâce à la lecture à voix haute d'un texte d'une page. Cette lecture est chronométrée, ce qui permet une appréciation de la vitesse de lecture mais aussi une analyse sur un plan plus qualitatif selon deux critères. L'un, subjectif, sur la qualité de la lecture s'intéresse à l'intonation, la fluidité, le respect de la ponctuation. L'autre, plus objectif, avec une analyse des erreurs selon un classement en cinq catégories: les erreurs phonétiques (liées à la conversion grapho-phonémique), les erreurs sur les logatomes (relevant de la voie d'assemblage strictement), les erreurs globales (relevant de la voie d'adressage avec des substitutions de mots sémantiquement ou visuellement proches), les omissions ou ajouts de mots et les inversions dans l'ordre de lecture des mots. Cette analyse permet d'évaluer l'efficacité de la voie d'adressage et de la voie d'assemblage.

Le vol du PC propose également une évaluation de la compréhension en lecture par le biais de cinq épreuves différentes : le récit, les questions ouvertes, le QCM, les titres et la recherche d'indices. Le récit est une épreuve dans laquelle il est demandé au sujet de restituer des informations du texte. Ces informations sont classées en deux catégories : les informations liées à la trame narrative du texte et les informations plutôt d'ordre technique. Les questions ouvertes consistent en trois questions posées au sujet qui devra y répondre le plus précisément possible, ces réponses donneront des indications sur la compréhension fine du texte. Le QCM est une série de dix affirmations à propos du texte, il faut alors dire si elles sont vraies ou fausses. Dans l'épreuve du choix de titre, on propose au sujet dix titres et il doit juger de leur pertinence en décidant s'ils conviennent ou non au texte précédemment lu. Enfin, pour la recherche d'indices, le texte est donné avec une numérotation

des lignes. Le sujet doit retrouver dans le texte dix éléments donnés et en indiquer la ligne. L'épreuve est chronométrée et seules les réponses exactes données en deux minutes et trente secondes seront comptabilisées.

Ainsi, le vol du PC permet d'évaluer la qualité de lecture et l'efficacité des voies utilisées ainsi que les capacités de compréhension de lecture.

Pour finir, nous avons proposé « Chronodictées¹¹⁶ », conçu par Brigitte Baneath, Corinne Boutard et Corinne Alberti en 2006. Ce test permet d'évaluer l'orthographe et consiste en une dictée enregistrée. La passation se déroule en trois étapes expliquées au départ au patient. Tout d'abord le patient entend une première fois les phrases qui lui seront dictées, puis vient la dictée en soi où chaque phrase est segmentée en partie de dix à douze syllabes répétée chacune une fois, enfin il est procédé à une relecture de chaque phrase lors de laquelle le patient peut réaliser des corrections dans une couleur différente afin d'être visibles par le praticien.

Ce test propose une analyse de la production selon plusieurs types d'erreurs : orthographe phonétique, orthographe morphosyntaxique, orthographe lexicale, omission et segmentation.

L'orthographe phonétique s'intéresse à l'aspect phonologique des mots écrits par les patients à savoir, est-ce que le mot écrit correspond au mot entendu malgré une mauvaise orthographe.

L'orthographe morphosyntaxique va, elle, évaluer les erreurs d'accord du nom, du participe passé, de conjugaison, d'homophone, etc. Il s'agira de repérer toutes les erreurs liées à la syntaxe de la phrase.

L'orthographe lexicale concerne les substitutions de mots et les mots corrects phonologiquement mais mal orthographiés sur un autre plan que morphosyntaxique.

Les omissions concernent l'oubli de mots.

Les erreurs de segmentations consistent en la fusion entre différents mots ou au contraire la scission d'un mot en plusieurs parties n'ayant pas de sens propre.

De plus, ce test permettant la passation d'une dictée enregistrée, il permet de prendre en compte l'impact du facteur temps dans ce type d'épreuve de production écrite incluant de l'orthographe morphosyntaxique. Cette dimension fut l'une des raisons du choix de ce test qui permettait une certaine uniformité dans les passations aussi bien entre les différents patients qu'entre les bilans initiaux et finaux.

5.4.3 L'évaluation de la mémoire de travail

Nous avons pris le parti d'évaluer les deux systèmes esclaves principaux de la mémoire de travail :

la boucle audiophonologique et le calepin visuo-spatial.

Pour évaluer la boucle phonologique, il a été utilisé l'épreuve d'empan de chiffres envers de l'ODEDYS¹¹⁸ (M. Jacquier-Roux, S. Valdois, M. Zorman, 2005). Toutefois, une WISC IV ayant été passée préalablement pour la sélection des sujets et celle-ci proposant une évaluation de la mémoire de travail, les épreuves constituant l'indice de mémoire de travail ont été proposées également en bilan final. Ainsi l'évaluation de la boucle phonologique a été constituée de deux épreuves :

- l'empan de chiffres envers : l'examineur énonce au patient une série de chiffres qu'il doit restituer en ordre inverse. Les séries sont proposées par ordre croissant de difficulté : deux chiffres, puis trois, puis quatre et ce jusqu'à sept pour l'ODEDYS et 9 pour la WISC IV
- Chiffres et lettres : l'examineur énonce au patient une série de chiffres et de lettres intercalées. Le patient doit restituer la série en énonçant les chiffres en ordre croissant et les lettres en ordre alphabétique.

Afin d'évaluer le fonctionnement du calepin visuo-spatial, il a été proposé une épreuve issue de l'échelle clinique de mémoire de Wechsler (MEM III¹¹⁹) : les cubes de Corsi. Il s'agit d'une planche sur laquelle sont fixés des cubes bleus numérotés mais dont la numérotation n'est visible que par l'examineur. Celui-ci va pointer plusieurs cubes successivement, le patient doit reproduire la séquence proposée à l'endroit pour évaluer l'empan en mémoire visuo-spatiale à court terme et à l'envers pour l'empan visuo-spatial en mémoire de travail.

5.5 Protocole d'entraînement de la mémoire de travail

La rééducation se déroule en 24 séances de 15 minutes chacune, deux fois par semaine. En effet, la mémoire de travail étant une tâche cognitive demandant une concentration importante, il nous a semblé préférable de réaliser des séances courtes durant lesquelles le patient sera capable de maintenir un certain niveau d'attention nécessaire à un travail efficace de la mémoire de travail.

L'objectif de la prise en charge a été de travailler les 2 systèmes esclaves de la mémoire de travail de façon égale, à savoir le registre visuo-spatial et la boucle audio-phonologique. Nous avons délibérément laissé de côté l'administrateur central. En effet, celui-ci est systématiquement stimulé étant donné la nécessité d'attribuer les ressources attentionnelles indispensables à l'exécution des tâches et à la supervision de systèmes esclaves.

De plus, il a été proposé de travailler deux types d'exercices différents lors de chaque séance pour travailler deux composantes différentes. Nous avons également choisi de limiter l'utilisation de matériel orthographique afin d'éviter d'induire un biais dans l'étude. Nous avons aussi pris le parti

de proposer à nouveau à chaque séance un des exercices proposés lors de la séance précédente.

Nous avons souhaité mettre en œuvre une progression dans ce protocole d'entraînement de la mémoire de travail. D'une part, nous avons autant que possible alterné les composantes entraînées dans chaque séance: un exercice concernant chaque composante lors de chaque séance. D'autre part, nous avons proposé une complexité croissante dans les exercices proposés ou une augmentation de l'empan nécessaire à leur réalisation.

Il est proposé au cours des séances une réflexion sur les stratégies utilisées: de nouvelles stratégies sont proposées en fonction des stratégies utilisées par le patient de façon à les diversifier.

5.6 Rééducations orthophoniques parallèles

Le protocole a été mis en œuvre avec des patients bénéficiant du cadre particulier d'un dispositif d'accueil des DYS. Celui-ci prévoit une période de bilan pour tous les bénéficiaires du dispositif s'étendant sur environ un mois et demi durant laquelle les orthophonistes participant au dispositif ne voient pas leurs patients en rééducation. Il se trouve que la réalisation de l'expérimentation s'est produite en grande partie durant cette période, réduisant fortement le nombre de séances d'orthophonie ayant eu lieu en parallèle au protocole. Ajoutant à cela quelques absences de part et d'autre, ainsi que les empêchements liés aux passages d'examens dans le milieu scolaire, le nombre de séances parallèles s'élève à dix séances au maximum. Les contenus des séances sont relativement proches pour les deux patients. On relèvera principalement le travail des homophones grammaticaux, des différents types de phrases et de la négation, des exercices portant sur les anagrammes ainsi que les acronymes et des tâches de dérivation morphologique.

6. Résultats de l'expérimentation

6.1 L'enfant N

L'enfant N est né le 22 juillet 1995 et a donc 15 ans 8 mois au début de l'étude, il est en 3ème scolarisé au sein d'un établissement proposant une ULIS (Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire) à destination de collégiens présentant un trouble spécifique des apprentissages. Il est suivi en rééducation orthophonique du langage écrit à raison de deux séances par semaine pour un diagnostic de dyslexie-dysorthographe. C'est un adolescent vif, sociable et curieux, qui s'est montré intéressé par la démarche de l'étude qui lui a été proposée. Il s'est volontiers prêté aux épreuves des différents bilans et aux divers exercices du protocole.

6.1.1 L'évaluation initiale de l'enfant N

6.1.1.1 L'évaluation psychométrique de l'enfant N

N n'avait eu qu'une évaluation au moyen de la WISC III quelques années auparavant, il lui a donc été proposé en début de protocole de passer une WISC IV. Le but était de déterminer un indice de mémoire de travail suspecté faible par l'orthophoniste le suivant.

Ses résultats à cette évaluation furent les suivants :

Compréhension verbale: 148

Raisonnement perceptif: 126

Mémoire de travail: 91

Vitesse de traitement: 106

Comme on ne peut calculer de QI avec de tels écarts, la moyenne des indices est donnée uniquement pour justifier l'inclusion de ce sujet dans l'étude. N obtient donc une moyenne des indices de 128, un indice de mémoire de travail très chuté et un indice de vitesse de traitement bas par rapport à ses performances en compréhension verbale et en raisonnement perceptif qui peut être dû en partie à la faiblesse de sa mémoire de travail.

Il est également à noter que l'enfant N avait été diagnostiqué précoce lors de son premier bilan psychométrique. La récente évaluation confirme ce diagnostic.

6.1.1.2 L'évaluation orthophonique de l'enfant N

a) La lecture de N

		Score Brut	Score étalonné
Vol du PC	Temps de lecture	3 min	- 0,6 ds
	Erreurs phonétiques	0	+ 1,1 ds
	Erreurs logatomes	2	+ 0,4 ds
	Erreurs globales	5	- 2,1 ds
	Ajouts ou omissions	1	- 0,1 ds
	Inversions	0	+ 0,4 ds
	Total erreurs	8	- 0,4 ds
	Score total de lecture	13	- 0,2 ds

Tableau 1 : La lecture de N

Dans l'ensemble, la lecture de N est fonctionnelle malgré une faiblesse sur la voie d'adressage comme le montre son score pathologique pour les erreurs globales dans le Vol du PC. N compense assez bien son handicap, il essaie de mettre l'intonation et, malgré quelques hésitations, sa lecture est plutôt fluide.

b) La compréhension en lecture de N

		Score brut	Score étalonné
Vol du PC	Restitution narrative	11	+ 1,2 ds
	Récit documentaire	7	+ 1,8 ds
	Total récit	18	+ 2,3 ds
	Questions ouvertes	5,5	+ 1,1 ds
	QCM	10	+ 1 ds
	Choix de titres	7	- 0,6 ds
	Recherche d'informations	8	+ 0,1 ds
	Total compréhension	48,5	+ 1,9 ds

Tableau 2 : La compréhension de N

N a une compréhension en lecture supérieure à la moyenne, à l'exception du choix de titres.

c) L'orthographe de N

	Type d'erreurs	Score brut	Score étalonné
Chronodictées	Phonétique	9	- 14,5 ds
	Segmentation	2	- 4,7 ds
	Usage	27	- 6,5 ds
	Morphosyntaxe	37	- 5,1 ds
	Omission	1	- 2,2 ds
	Total	76	- 7,2 ds

Tableau 3 : L'orthographe de N

En tâche de transcription, N est très handicapé, l'ensemble de ses résultats montre de grandes difficultés orthographiques certainement accentuées par le facteur temps imposé par l'épreuve. On observe qu'à l'écrit les deux voies semblent très touchées et plus particulièrement la voie d'assemblage (erreurs phonétiques). Les compétences orthographiques de N sont très déficitaires et mettent en évidence une dysorthographe sévère.

d) Synthèse

N présente une lecture relativement efficace.

N dispose également d'une compréhension en lecture intacte sur laquelle ni la dyslexie ni l'inefficacité de la mémoire de travail ne semblent avoir d'impact, à moins que N ait particulièrement bien compensé ces faiblesses. Il a bien compensé le versant réceptif de son trouble d'apprentissage.

Par contre, les scores à Chronodictées montrent une dysorthographe sévère avec atteinte des deux voies, la voie d'assemblage étant la plus sévèrement touchée.

Aussi nous nous intéresserons plus particulièrement dans le cas de N à l'évolution de sa production écrite notamment au niveau morphosyntaxique en raison de l'implication de la mémoire de travail dans cette composante de l'orthographe et du score de N. En effet, N montre -5,11 ds dans cette catégorie d'erreur soit un score brut de 37 erreurs de morphosyntaxe.

6.1.1.3 L'évaluation de la mémoire de travail de l'enfant N

		Stable	Possible
ODEDYS	Empan endroit	5	-
	Empan envers	3	-
Cubes de Corsi	Empan endroit	5	-
	Empan envers	4	5
WISC IV	Empan chiffres et lettres	4	5

Tableau 4 : La mémoire de travail de N

N a donc une mémoire de travail très déficitaire tant au niveau de la boucle audio-phonatoire que du calepin visuo-spatial, il semble que les deux sous-systèmes de la mémoire de travail soient atteints.

6.1.2 La prise en charge de l'enfant N

N s'investit dès le début dans la prise en charge qu'il aborde sereinement. Il a bien compris la démarche de l'étude et participe sérieusement aux séances. C'est un adolescent charmant, motivé et assidu. Nous expliciterons dans cette partie ses réactions face à chaque type d'exercice, comment il les appréhende, les stratégies développées spontanément et celles qui lui ont été proposées.

Catégorisation :

L'exercice surprend quelque peu N qui le réussit sans difficulté lorsqu'il comporte trois éléments, le passage à quatre éléments est plus délicat et nécessite la mise en place d'une stratégie que nous lui proposons : il s'agit de visualiser chacun des éléments cités et de les lier les uns aux autres (par exemple : girafe, fauteuil, vert et trompette, on visualise une girafe verte assise sur un fauteuil jouant de la trompette). Dès lors la stratégie s'avère efficace et N peut maintenir quatre éléments en mémoire en les fusionnant en une seule image mentale et peut alors beaucoup plus aisément retrouver leur catégorie. D'ailleurs, il peut ainsi passer à cinq éléments, même si cette étape comporte des erreurs, la majorité des séquences restent réussies. Toutefois on notera une certaine lenteur d'exécution au fur et à mesure que le nombre d'éléments augmente probablement liée à la charge cognitive plus lourde.

Empan envers :

N connaît l'exercice qu'il a déjà réalisé dans le cadre de l'évaluation de départ et dans des bilans orthophoniques précédents, néanmoins c'est un exercice dans lequel il n'est pas à l'aise car bien conscient de ses difficultés. Il est à noter que nous n'abordons cet exercice qu'à la quatrième séance et qu'au moment de l'évaluation initiale N ne pouvait restituer à l'envers que jusqu'à trois éléments. Lors de cette séance, N est capable de restituer quatre éléments. A partir de cinq, N essaie spontanément de vocaliser à l'endroit pour essayer de maintenir les éléments en mémoire sans véritable succès puisqu'il perd le dernier chiffre.

Lors de la séance suivante, nous lui proposons de mettre en œuvre une stratégie de visualisation de la suite de chiffres qui entraîne une légère amélioration constituée : la rétention des chiffres mais avec une inversion des deux derniers chiffres. La stratégie proposée ne s'avère donc pas très efficace, aussi lorsque nous revenons à cet exercice quelques semaines plus tard, nous lui proposons de regrouper les chiffres par deux pour améliorer ses performances. Cette nouvelle stratégie montre une certaine efficacité car N réussit à maintenir cinq éléments systématiquement. La barrière des six éléments est également franchie mais N ne réussit pas à les maintenir systématiquement.

Lors de la dernière séance de travail de cet exercice, N a besoin de se faire répéter la série pour maintenir six éléments mais y parvient, de même que pour sept éléments.

Ainsi, à l'issue de l'entraînement sur cet exercice, soit à la treizième séance, N réussit à maintenir jusqu'à sept éléments avec l'aide d'une répétition des items.

Questionnaire n-1 et n-2 :

N exprime son inquiétude lorsque nous lui expliquons le principe de l'exercice et sait qu'il va devoir se concentrer, d'autant plus qu'il s'agit de la 1ère séance et du premier exercice proposé du protocole.

A la première séance, nous proposons un questionnaire n-1 avec des questions courtes appelant des réponses courtes elles-aussi. N réussit plutôt bien l'exercice en répondant sans erreur jusqu'à la vingtième question. A partir de là, N commence à fatiguer, perd en rapidité, allonge son temps de récupération des questions. Il exprime également la difficulté que constitue la présence de questions de calcul mental simple.

Lors de la réalisation suivante de cet exercice, nous lui proposons des questions plus longues appelant des réponses également plus longues (plusieurs éléments sont demandés en réponses, par exemple : citer quatre poissons). La charge pour la mémoire est manifestement plus lourde et N a plus de difficulté à réaliser l'exercice. Nous observons des ruptures dès la cinquième question, puis à la quatorzième. La fatigue semble commencer à s'installer car il est de nouveau en difficulté à la

seizième question et l'exprime, nous arrêtons l'exercice.

A la séance suivante, nous proposons le même type de questionnaire et N se montre plus performant, il arrive en effet à maintenir jusqu'à la 16ème question sans encombre. Par la suite, nous observons qu'une certaine lenteur s'installe même si N reste efficace et réussit à répondre. N a également développé une stratégie pour compenser la difficulté que représente le calcul mental pour lui : il calcule directement le résultat dès l'énonciation de la question, ainsi il n'a plus à maintenir que le résultat en mémoire. Cela allège la charge mnésique et explique peut-être l'amélioration de sa performance, un calcul étant proposé toutes les cinq à six questions. Même si cela lui demande un effort cognitif supplémentaire alors qu'il doit conserver la question précédente en mémoire pour y répondre, il réduit le nombre d'éléments qu'il devra maintenir en mémoire.

A la présentation suivante de l'exercice, nous proposons un questionnaire n-2 avec des questions courtes appelant des réponses courtes. N fait des erreurs à la septième question, puis à la dixième, puis à la treizième. On peut alors formuler l'hypothèse qu'en début d'exercice N réussit bien à maintenir en mémoire mais au-delà de la septième question, la fatigue s'installe et réduit l'empan. Lors de la séance suivante, on observe une amélioration: N maintient jusqu'à la septième question comme dans la séance précédente, mais après cette rupture à la septième question, il réussit à maintenir à nouveau jusqu'à la treizième question.

Enfin lors de la dernière séance, nous proposons un questionnaire n-2 avec des questions longues appelant des réponses plus longues. Dans cette séance, nous revenons globalement aux performances de la première séance de questionnaire n-2 dans un premier temps (maintien jusqu'à la sixième question, puis la dixième, la onzième et la quatorzième) puis nous constatons une amélioration avec la tenue de la quatorzième question à la vingt-et-unième.

Dans cet exercice, nous observons une amélioration des performances d'une séance sur l'autre à l'exception de la 1ère séance où les performances ont été excellentes. Néanmoins, il faut nuancer ces performances car le questionnaire n-1 demande moins d'effort que le questionnaire n-2 avec des questions courtes et des réponses simples. L'exercice était moins ardu que les exercices proposés ultérieurement dans la logique d'augmentation progressive de la difficulté dans notre protocole.

Empan chiffres et lettres :

Cet exercice n'a été proposé que deux fois à N qui le connaissait déjà depuis la passation de la WISC IV lors de laquelle il avait été capable de conserver jusqu'à cinq éléments mais pas systématiquement.

Lors de la première utilisation de cet exercice, nous avons donc commencé à cinq éléments. N a besoin pour maintenir les éléments en mémoire de se les faire répéter, ainsi il réussit l'exercice.

Nous lui proposons donc de vocaliser lui-même la suite pour la maintenir. Sans répétition de notre part, N réussit à restituer systématiquement cinq éléments. Lors de la séance suivante, nous proposons à N d'intérioriser sa répétition vocale de la suite donnée et nous travaillons avec six items: trois lettres et trois chiffres. L'exercice est réussi par N sans répétition vocale de notre part et auto-répétition vocalisée de N.

Ainsi en deux séances, N a stabilisé le nombre d'éléments qui l'avait mis en difficulté lors de la passation de la WISC IV et a réussi à maintenir un élément de plus.

Parcours visuel :

Lors de l'évaluation au moyen des cubes de Corsi, N réussissait à maintenir jusqu'à cinq éléments mais pas systématiquement. Lors de la première séance, N commence à stabiliser le parcours avec cinq éléments avec de plus en plus de séries réussies. Néanmoins, le passage à six éléments est difficile avec la présence d'inversions d'éléments et d'oublis. Ensuite, N réussit à mémoriser le parcours avec des approximations : le parcours est globalement maintenu avec des erreurs sur le dernier élément mais avec le choix d'un élément dans la même zone que l'élément cible.

Lors de la séance suivante, N réussit à stabiliser un parcours de cinq éléments mais le passage à six reste difficile. Nous proposons donc à N une stratégie consistant à donner du sens aux différents symboles et à les nommer afin de s'appuyer sur la boucle audio-phonatoire dans cet exercice. Dans un premier temps, cette stratégie induit une surcharge cognitive et n'est donc pas efficace pour N, mais après quelques tentatives N s'approprie la stratégie et l'utilise pour sélectionner le dernier élément du parcours qui le mettait en difficulté jusque là. En effet, N maintient globalement le parcours mais ne retient qu'une zone imprécise pour le dernier élément: en associant un nom au symbole, il peut le retrouver.

A la séance suivante, afin d'alléger la charge induite par la stratégie nous lui proposons d'associer une lettre à chaque symbole. N utilise cette stratégie, comme lors de la dernière séance et cela semble être efficace. En effet, N stabilise un parcours de six éléments.

Lors de la présentation suivante de l'exercice, nous changeons de support en augmentant le nombre d'éléments sur la surface présentée, à cette occasion N confond des éléments dans la même zone et le parcours à six éléments redevient difficile.

Lors de la séance suivante, N s'habitue au nouveau support et commence à réussir de nouveau les parcours de six éléments mais ce résultat n'est pas encore stable.

La dernière séance de présentation de l'exercice permet à N de stabiliser les parcours à six éléments et de commencer à réaliser des parcours de sept éléments. Certaines séries sont réussies mais pas toutes, ainsi N réussit des séries de six éléments mais le passage à sept reste délicat. Quelques

succès non-envisageables au début de la prise en charge ont été notés.

Le chiffre qui manque :

L'exercice est appréhendé avec plaisir par N qui dès la première présentation me fait part d'un fonctionnement particulier : « je ne sais pas d'où vient la réponse, elle me vient mais je ne sais pas comment ». D'ailleurs sa réponse est presque immédiate, sans le moindre temps de latence et très souvent exacte. N est très performant et très rapide avec à peine deux erreurs lors de cette séance où l'on arrivera jusqu'à six chiffres.

La progression de séance en séance se réalise sans difficulté particulière avec seulement quelques rares erreurs. Mais à la quatrième présentation de l'exercice, le passage à neuf chiffres est impossible. N perd les premiers chiffres énoncés et ne peut conserver la séquence pour l'analyser. Lors de la séance suivante, N a besoin de se faire répéter la séquence pour la réussir. Il ne peut plus s'appuyer sur le phénomène qui apparaissait auparavant et a besoin de la boucle audio-phonatoire pour retrouver l'élément manquant. De plus, il tente spontanément d'utiliser son calepin visuo-spatial en parallèle et de visualiser la séquence donnée. Cette conjugaison de stratégies semble porter ses fruits car à la séance suivante, la dernière, N maintient la suite de neuf éléments et réussit parfaitement l'exercice sans répétition de notre part.

Phrases, un mot sur deux :

L'exercice n'a pas posé de difficulté pour N qui a réussi l'exercice relativement facilement même si l'augmentation de la longueur a entraîné un ralentissement de l'exécution. Ainsi, N est arrivé à des phrases de dix mots sans erreur en s'appuyant largement sur sa boucle audio-phonatoire.

Reproduction de séries de gestes :

L'exercice a semblé difficile au premier abord pour N qui a eu du mal à s'adapter et semblait chercher à gagner du temps pour faire le moins de séquences possibles.

A la première exécution de l'exercice, nous proposons des gestes simples. N réussit à réaliser une séquence de trois gestes sans réelle difficulté, toutefois le passage à quatre est beaucoup plus délicat avec l'oubli systématique d'un geste, la plupart du temps le troisième. N essaye alors de nommer les gestes en fonction de ce qu'ils évoquent pour lui (par exemple la paume droite face à l'autre est traduite par « stop ») mais la stratégie ne semble pas fonctionner en raison de la variété des gestes et de leur fréquente nouveauté.

A la deuxième séance, N réussit beaucoup mieux les séquences de quatre gestes avec une seule erreur. La totalité des séquences de quatre gestes est effectuée correctement à la troisième séance.

Mais à la quatrième, les séquences de quatre gestes redeviennent difficiles à réaliser car les gestes sont plus complexes et avec plus de détails à retenir. Par contre, le nombre de séquences réussies s'améliore à la séance suivante sans pour autant être stable. Cette amélioration est peut-être liée à la stratégie développée par N qui réalise la séquence à l'endroit en même temps que le rééducateur comme pour imprimer physiquement les gestes et enchaînements. La dernière fois que nous proposons cette tâche, N réussit systématiquement les séquences de quatre éléments en utilisant toujours la stratégie de réaliser la suite de gestes en même temps que nous, mais le passage à cinq est difficile malgré quelques séquences réussies.

Reproduction de figures selon un axe de symétrie :

L'exercice est plutôt bien accueilli par N en raison de son support ludique avec lequel il aimait jouer plus jeune.

Nous commençons donc avec cinq pièces et trois couleurs ce qui est réalisé sans difficulté de même qu'avec quatre couleurs, puis cinq. Nous augmentons alors le nombre de pièces à six, la figure est également réalisée sans réelle difficulté à l'exception de deux pièces inversées.

La séance suivante, nous augmentons jusqu'à sept éléments et cinq couleurs, N après quelques erreurs réussit à réaliser ces modèles. A la séance d'après, nous continuons donc la progression pour arriver à neuf pièces et cinq couleurs. N fait alors des erreurs fréquentes dans la réalisation des petits damiers de quatre pièces qui sont présents dans les figures.

Ainsi à la quatrième présentation de l'exercice, nous insistons sur cet aspect et proposons à N de se focaliser sur une partie seulement du damier qu'il doit lier à la pièce la plus proche (par exemple le cube rouge est en haut et collé au rectangle bleu). La solution semble satisfaisante car ainsi il n'a plus à retenir la totalité du damier et son orientation.

Malgré cela, le passage à dix éléments et cinq couleurs différentes reste délicat même à la séance suivante bien que l'on note une amélioration dans le nombre de figures réussies.

La dernière séance de présentation de l'exercice permet à N de passer cet obstacle et de reproduire fidèlement et systématiquement les figures proposées constituées de dix éléments et cinq couleurs différentes.

Manipulation à l'envers :

L'exercice est plaisant pour N qui souhaite apprendre comment refaire un Rubik's Cube®, le matériel lui plaît et il va particulièrement s'investir dans cette séance. Ainsi, il arrivera jusqu'à sept manipulations en sens inverse sans grande difficulté.

Séries de symboles à l'envers :

L'exercice ne pose pas de difficulté à N qui le réalise relativement facilement malgré quelques hésitations et deux erreurs. Toutefois, il réussit à maintenir en mémoire jusqu'à des séries de six éléments sans véritable difficulté malgré la nouveauté du matériel et de l'exercice.

Mémoire orthographique visuelle :

Nous avons commencé les séances avec des mots courts de cinq à six lettres pour arriver à l'issue à des séances à des mots de douze à treize lettres. Ces mots ont été choisis dans les productions écrites de N afin que l'exercice lui soit utile au-delà de son intérêt pour le protocole.

Dès le départ, l'exercice est réalisé par N sans réellement d'erreur à l'exception de deux manipulations qui lui posent plus de problèmes : l'épellation une lettre sur deux et l'épellation à l'envers. De façon générale, N se trouve plus particulièrement en difficulté face à des mots comportant des doublements de consonnes. Si N réussit globalement l'exercice et les mots proposés à chaque séance l'évolution vient surtout de la rapidité d'exécution. En effet, au fur et à mesure des séances N semble plus à l'aise dans l'exercice et est de plus en plus performant. Alors qu'on pouvait observer une certaine lenteur au début, N semble gagner en rapidité et réussit plus facilement à manipuler les mots mentalement. De plus, dès la seconde séance, N s'appuie sur une stratégie de visualisation du mot en plus d'une subvocalisation.

6.1.3 L'évaluation finale de l'enfant N

6.1.3.1 L'évaluation orthophonique de l'enfant N

a) La lecture de N

		Score Brut	Score étalonné
Vol du PC	Temps de lecture	2 min 37 sec	- 0,1 ds
	Erreurs phonétiques	0	+ 1,1 ds
	Erreurs logatomes	2	+ 0,4 ds
	Erreurs globales	4	- 1,5 ds
	Ajouts ou omissions	2	- 0,9 ds
	Inversions	0	+ 0,4 ds
	Total erreurs	8	- 0,4 ds
	Score total de lecture	16	+ 0,2 ds

Tableau 5 : Les voies de lecture de N

b) La compréhension en lecture de N

		Score brut	Score étalonné
Vol du PC	Restitution narrative	10	+ 0,8 ds
	Récit documentaire	11	+ 3,6 ds
	Total récit	21	+ 3,2 ds
	Questions ouvertes	6	+ 1,6 ds
	QCM	10	+ 1 ds
	Choix de titres	8	- 0,1 ds
	Recherche d'informations	9	+ 0,6 ds
	Total compréhension	54	+ 2,4 ds

Tableau 6 : La compréhension de lecture de N

c) L'orthographe de N

	Type d'erreurs	Score brut	Score étalonné
Chronodictées	Phonétique	4	- 6,2 ds
	Segmentation	1	- 2,3 ds
	Usage	17	- 3,6 ds
	Morphosyntaxe	27	- 3,3 ds
	Omission	0	+ 0,3 ds
	Total	49	- 4,1 ds

Tableau 7 : L'orthographe de N

6.1.3.2 L'évaluation de la mémoire de travail de l'enfant N

		Stable	Possible
ODEDYS	Empan endroit	7	-
	Empan envers	7	-
Cubes de Corsi	Empan endroit	7	9
	Empan envers	6	-

Tableau 8 : La mémoire de travail de N

En empan de chiffres endroits, N maintient jusqu'à sept éléments. En empan de chiffres envers, N arrive jusqu'à sept chiffres restitués correctement en ordre inverse.

Au niveau du calepin visuo-spatial, N arrive à maintenir en ordre direct un parcours de sept cibles, il est à noter qu'un parcours sur deux de huit et neuf cibles sont réussis. En ordre inverse, il réussit les parcours de six cibles.

6.2 L'enfant E

L'enfant E est né le 10 septembre 1997, a 13 ans 6 mois au début de l'étude, il est en 4ème scolarisé au sein d'un établissement proposant une ULIS (Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire) à destination de collégiens présentant un trouble spécifique des apprentissages. Il est suivi en rééducation orthophonique du langage écrit à raison de deux séances par semaine suite à un diagnostic de dyslexie-dysorthographe. C'est un adolescent observateur qui apprécie beaucoup le dessin, il est très malin, cherche toujours à négocier à son avantage, vif mais quelque peu anxieux quant à ses performances, toujours en quête d'approbation et assez complexé par sa dyslexie. Néanmoins, il a été rapidement très à l'aise et toujours soucieux d'améliorer ses résultats par rapport aux séances précédentes, il était très en demande de retour sur son évolution au cours du protocole.

6.2.1 L'évaluation initiale de l'enfant E

6.2.1.1 L'évaluation psychométrique de l'enfant E

E avait eu une évaluation au moyen de la WISC IV quatre ans auparavant, étant donné l'ancienneté des données, il lui a donc été proposé en début de protocole une nouvelle évaluation. L'intérêt était de disposer d'une évaluation psychométrique récente, notamment au niveau de la mémoire de travail avant de commencer la prise en charge.

Ses résultats à cette évaluation furent les suivants :

Compréhension verbale: 143

Raisonnement perceptif: 130

Mémoire de travail: 100

Vitesse de traitement: 88

Comme on ne peut calculer de QI avec de tels écarts, la moyenne des indices est donnée uniquement pour justifier l'inclusion de ce sujet dans l'étude. E obtient donc une moyenne des indices de 125, un indice de mémoire de travail dans la norme mais bas comparativement à ces performances en compréhension verbale et en raisonnement perceptif, et un indice de vitesse de traitement très chuté.

6.2.1.2 L'évaluation orthophonique de l'enfant E

a) La lecture de E

		Score Brut	Score étalonné
Vol du PC	Temps de lecture	7 min 38 sec	- 8,8 ds
	Erreurs phonétiques	2	- 0,5 ds
	Erreurs logatomes	2	+ 0,2 ds
	Erreurs globales	15	- 8,2 ds
	Ajouts ou omissions	1	+ 0,4 ds
	Inversions	0	+ 0,4 ds
	Total erreurs	20	- 3 ds
	Score total de lecture	- 11	- 3,1 ds

Tableau 9 : La lecture de E

La lecture de E est très atteinte comme le montre son score au Vol du PC. Néanmoins, on observe que la voie d'adressage (erreurs globales) est la plus touchée. Sa lecture est très lente et hachée, E essaie de mettre de l'intonation quand il réussit à acquérir plus de fluidité. Cependant, sa lecture constitue un véritable handicap, lire à haute voix lui demande beaucoup d'efforts et lui est particulièrement désagréable.

b) La compréhension en lecture de E

		Score brut	Score étalonné
Vol du PC	Restitution narrative	7	- 0,5 ds
	Récit documentaire	7	+ 1,8 ds
	Total récit	14	+ 1 ds
	Questions ouvertes	5,5	+ 1 ds
	QCM	10	+ 1,1 ds
	Choix de titres	10	+ 1,3 ds
	Recherche d'informations	5	- 0,9 ds
	Total compréhension	44,5	+ 1,1 ds

Tableau 10 : La compréhension de lecture de E

Les capacités de compréhension en lecture de E semble préservées comme le montrent ses résultats au Vol du PC.

c) L'orthographe de E

	Type d'erreurs	Score brut	Score étalonné
Chronodictées	Phonétique	11	- 17,8 ds
	Segmentation	2	- 4,7 ds
	Usage	27	- 6,5 ds
	Morphosyntaxe	44	- 6,4 ds
	Omission	0	+ 0,25 ds
	Total	84	- 8,13 ds

Tableau 11 : L'orthographe de E

Les compétences orthographiques de E sont pathologiques aussi bien au niveau de la voie d'adressage, que de la voie d'assemblage, que de l'orthographe morphosyntaxique. De plus, pendant l'épreuve, E a beaucoup de mal à suivre le rythme qui lui est imposé, la composante temporelle de l'épreuve la lui rend encore plus pénible, le met en grande tension et augmente considérablement la difficulté de la tâche. Il est toutefois à noter que l'orthographe phonétique est la plus particulièrement atteinte. E souffre d'une dysorthographe particulièrement sévère probablement accentuée par la contrainte temporelle.

d) Synthèse

E conserve une compréhension de lecture satisfaisante malgré une lecture et une orthographe pathologique. En effet, la lecture de E est très en-dessous des normes de son âge. Lente et hachée, elle constitue un véritable handicap pour E.

Sur le plan orthographique, E est également très en difficulté, plus particulièrement au niveau de l'orthographe phonétique même si toutes les composantes de l'orthographe sont très atteintes. Il est à noter l'importance du facteur temps pour E qui semble accentuer son handicap.

E souffre donc d'une dyslexie-dysorthographe sévère avec une atteinte des deux voies, plus particulièrement de la voie d'adressage en lecture et de la voie d'assemblage en transcription.

6.2.1.3 L'évaluation de la mémoire de travail de l'enfant E

		Stable	Possible
ODEDYS	Empan endroit	6	-
	Empan envers	5	6
Cubes de Corsi	Empan endroit	5	6
	Empan envers	4	5
WISC IV	Empan chiffres et lettres	5	6

Tableau 12 : La mémoire de travail de E

E a une mémoire de travail dans la norme, mais dans la norme basse. Néanmoins, les capacités en mémoire de travail d'E sont bien en-dessous de ses capacités en compréhension verbale et en raisonnement perceptif.

6.2.2 La prise en charge de l'enfant E

E a abordé le protocole avec plus d'appréhension que N, peut-être en raison de sa grande crainte de l'échec. D'ailleurs, il guettait souvent l'expression d'une approbation sur notre visage et demandait s'il s'était trompé ou si c'était bien la bonne réponse. Néanmoins, après avoir pu éprouver le caractère peu scolaire des exercices, il semble rassuré. De plus, après avoir réalisé le bilan orthophonique qui comportait des épreuves de lecture et d'orthographe qui le mettaient vraiment en difficulté, il a apprécié le fait de n'utiliser que très peu de matériel écrit.

Nous exposerons dans cette partie les réactions de E face à chaque exercice, sa façon de les appréhender, les stratégies qu'il a développées spontanément et celles qui lui ont été proposées.

Catégorisation :

Au début de l'exercice, E ne rencontre pas de difficulté en retenant et en manipulant aisément les trois éléments proposés. Les difficultés apparaissent avec quatre éléments pour lesquels E a besoin de se faire répéter la liste pour les maintenir en mémoire. Il ne met pas en place de stratégie spontanément alors nous lui proposons de tenter de visualiser les éléments et de les mettre en lien au fur et à mesure que nous les énonçons. La stratégie semble efficace puisque E passe le cap de la rétention et de la transformation de quatre éléments et réussit même à en maintenir cinq mais pas de façon systématique. En effet, sur cinq séquences de cinq éléments, E va en retenir du premier coup

trois, aura besoin de s'en faire répéter une et sur la dernière, il oubliera les deux derniers éléments. Cependant, les faiblesses se situant en fin d'exercice, on peut se poser la question suivante : est-ce le nombre d'éléments qui est en cause ou la fatigue du patient ?

Empan envers :

E connaît l'exercice pour l'avoir déjà réalisé lors de son évaluation psychométrique au moyen de la WISC IV et de l'ODEDYS lors de bilans orthophoniques précédents. Il convient de rappeler les scores de E à l'évaluation initiale, il réussissait alors à maintenir systématiquement quatre éléments et certaines séries de cinq et six chiffres mais ces séries ne sont pas toujours réussies.

Lors de l'abord de cet exercice, E réussit les séquences de cinq chiffres systématiquement du premier coup mais a besoin qu'on lui répète les séquences de six chiffres pour pouvoir les réussir. Ce besoin de répétition se maintiendra dans la séance suivante malgré la stratégie de visualisation qui lui est proposée.

Ce n'est qu'à la séance d'après que E réussira à maintenir six éléments sans avoir besoin qu'on lui répète la séquence, dès lors nous tentons des séquences de sept éléments mais sans succès.

Lors de la dernière séance, nous lui proposons donc une stratégie de rétention des éléments par paire, cette stratégie s'avère relativement efficace. En effet, E réussit à maintenir sept éléments en s'appuyant sur cette stratégie mais le passage à huit éléments reste difficile avec des réussites ponctuelles, l'empan à huit chiffres n'est pas stabilisé lorsque nous arrêtons l'entraînement sur cet exercice.

Questionnaire n-1 et n-2 :

E aborde l'exercice avec beaucoup d'entrain, il est plutôt enthousiaste face à ce nouveau support qui lui semble ludique.

Lors de la première présentation de l'exercice, nous proposons des questions courtes appelant des réponses courtes que E réussit jusqu'à la douzième question sans grande difficulté. Toutefois, il est à noter la lenteur importante de E pour récupérer les informations: elle est à mettre en lien avec la faiblesse de sa vitesse de traitement détectée à la passation de la WISC IV. Pourtant, cette lenteur ne l'empêche pas de récupérer l'information. La seconde rupture intervient à la dix-huitième question puis à la dix-neuvième. Ces deux pertes d'information semblent indiquer une certaine fatigue de la part de E, aussi nous interrompons l'exercice.

A la séance suivante, nous augmentons la longueur des questions posées ainsi que le nombre d'éléments de réponse à fournir. Cette augmentation est facteur de difficultés pour E qui perd une partie des informations en oubliant des détails de la question comme le nombre d'éléments

demandés dès la quatrième question. Par la suite, il réussit à maintenir parfaitement les questions jusqu'à la dixième qui est une question de calcul et lui pose donc problème comme à N. Puis, il réussit à conserver les questions jusqu'à la treizième qui marque la fin de l'exercice.

On observera lors de la séance suivante, une amélioration des performances. En effet, lors de la troisième séance de présentation de l'exercice qui reprend le même type de question que lors de la précédente, E réussira à retenir les questions jusqu'à la huitième, puis jusqu'à la treizième où il fera une erreur de calcul. Il réussira ensuite à conserver les informations jusqu'à la dix-septième où il échoue, non pas parce qu'il a oublié la question mais parce qu'il ne l'a pas retenue précisément: il sait quel type d'éléments on lui demande mais ne sait plus combien il doit en citer. Ensuite, il maintiendra en mémoire les questions posées jusqu'à la vingtième soit la fin de l'exercice. On notera lors de cette séance que E résiste mieux à l'exercice qui semble moins le fatiguer que lors des séances précédentes.

Lors de la quatrième présentation de l'exercice, nous proposons des questions courtes appelant des réponses courtes mais en modalité n-2, ce qui induit une difficulté supplémentaire à laquelle E résiste plutôt bien en maintenant les éléments en mémoire jusqu'à la septième question, puis la onzième pour n'échouer par la suite qu'à la dix-septième. A la seconde présentation de cet exercice selon cette nouvelle modalité, E gagne en régularité en allant de six en six sur dix-huit questions. Toutefois, la dernière séance où nous proposons des questions longues induisant des éléments de réponses plus nombreux met E plus en difficulté. En effet, il conserve les questions en mémoire jusqu'à la cinquième seulement, puis la septième. Par la suite, il réussit à augmenter le nombre de questions maintenues en mémoire en tenant jusqu'à la quatorzième sans erreur pour finalement échouer à la dix-huitième.

Ainsi, dans cette dernière séance, E perd la régularité acquise lors de la séance précédente mais l'écart entre les pertes d'éléments est équivalent aux premières séances alors que la modalité a changé et induit une plus grande difficulté, cela peut être interprété comme une évolution positive.

Empan chiffres et lettres :

Cet exercice était connu de E en raison de son existence dans la WISC IV qui avait été utilisé pour la sélection de la population. De plus, cet exercice ne sera proposé que deux fois et plutôt en fin de protocole, c'est-à-dire lors des séances dix-neuf et vingt.

Il est à noter que lors de la passation WISC IV, E pouvait retenir jusqu'à six éléments (trois chiffres et trois lettres) mais pas de façon systématique. Or, lors de la première séance où nous proposons cet exercice dans le cadre du protocole d'expérimentation, E réussit parfaitement toutes les séries proposées de six éléments.

La séance suivante, E parvient sans difficulté à maintenir et manipuler quatre lettres et trois chiffres systématiquement, mais le passage à huit éléments est difficile et seules quelques séquences sont réussies.

Parcours visuel :

Lors de la présentation de l'épreuve des cubes de Corsi en évaluation initiale, E réussissait à restituer des parcours de cinq éléments à l'envers mais de façon instable.

Pendant la première séance de présentation de l'exercice, E est parvenu au fur et à mesure à maintenir en mémoire des séquences de cinq éléments de façon plus systématique mais le passage à six éléments s'est révélé très difficile. Cette difficulté s'est maintenue pendant la séance suivante où l'on a malgré tout noté une véritable stabilisation de l'empan à cinq éléments.

La troisième séance de travail sur cet exercice se révèle particulièrement fructueuse avec l'introduction de la stratégie de dénomination des éléments en fonction de ce que leur forme évoque pour E. Cette stratégie convient à E qui réussit des parcours de six éléments systématiquement. Par contre, le passage à sept éléments n'est pas encore possible, E perd toujours un élément mais pas toujours le même, il peut s'agir du premier, comme du dernier ou du troisième.

Lors de la quatrième présentation de l'exercice nous changeons de support avec une feuille présentant beaucoup plus d'éléments que la précédente. Ce changement de support, qui devrait induire plus de difficulté pour E, ne semble pas le gêner véritablement. En effet, il obtient les mêmes résultats que lors de la séance précédente mais on note l'absence d'évolution dans cette séance avec la stagnation des performances. On observe également une certaine intériorisation de la stratégie proposée précédemment, E ne dit plus le nom attribué à chaque symbole mais on peut voir apparaître une légère subvocalisation.

La cinquième séance est plus productive avec la réussite de parcours de sept éléments, sans que ces parcours ne soient réussis systématiquement: ils n'étaient quasiment jamais réussis auparavant. L'évolution continue à être positive lors de la séance suivante qui est la dernière avec ce support : E réalise tous les parcours de sept éléments proposés sans aucune erreur. Par contre, les parcours de huit cibles sont échoués très fréquemment.

Le chiffre qui manque :

Au début de l'exercice, E n'en voit pas l'intérêt, cela lui semble trop facile. Mais dès cinq chiffres, la difficulté commence à apparaître et avec elle le soutien sur lequel E s'appuie fréquemment : la répétition. De plus, on observe une nouvelle fois une certaine lenteur de E.

Dès la séance suivante, nous proposons à E une stratégie de visualisation consistant à essayer de

faire apparaître mentalement les chiffres dans l'ordre croissant au fur et à mesure qu'ils sont énoncés. La stratégie semble efficace tant sur le plan de l'augmentation du nombre de chiffres maintenus en mémoire avec le passage à six chiffres que sur le plan de la vitesse avec une réduction du temps pour obtenir la réponse. Néanmoins, la rétention d'une série de sept chiffres nécessite toujours une répétition de la liste de chiffres énoncés.

Toutefois, à la séance suivante, E réussit parfaitement à maintenir la suite de sept chiffres, mais comme lors de la séance précédente, le passage à huit chiffres ne se fait qu'après répétition.

A la quatrième séance, E peut maintenir quasiment systématiquement une suite de huit chiffres sans répétition mais les suites de neuf chiffres ne sont pas réalisables. On observe une évolution lors de l'avant-dernière séance avec la stabilisation des suites de huit chiffres : E réussit toujours à trouver l'élément manquant et va réussir quelques séries de neuf chiffres mais assez difficilement.

Ce passage à neuf chiffres reste difficile lors de la dernière séance et nécessite toujours des répétitions.

Phrases, un mot sur deux :

E aborde l'exercice sans difficulté, celui-ci est réalisé relativement facilement. Ainsi, E arrive à des phrases de dix mots sans véritable difficulté mais toujours avec cette lenteur qui le caractérise qui est en lien avec la vitesse de traitement faible qui a été pointée lors de la passation de la WISC IV.

Reproduction de séries de gestes :

E accueille l'exercice avec joie reconnaissant dans les gestes proposés l'alphabet de la langue des signes française. Aussi il met en œuvre immédiatement une stratégie où il nomme chaque signe qu'il reconnaît par la lettre à laquelle il correspond.

Lors de la première présentation de l'exercice, il réussit à maintenir trois gestes mais des détails peuvent rester flous dans leur reproduction : E saisit le geste global mais ne prête pas attention à la précision du geste. Cela lui est signalé au début de la séance suivante et E y remédie. Au cours de cette séance, il réussit à stabiliser des séquences de quatre gestes mais les séquences de cinq gestes sont difficiles. Etonnamment, E ne réutilise pas la stratégie qu'il avait élaboré précédemment. Cette difficulté se réduit sur les séries de cinq gestes lors de la séance suivante grâce probablement à la réutilisation par E de la stratégie trouvée lors de la première séance.

A la quatrième séance de présentation de l'exercice, E stabilise les séquences de cinq gestes en les réussissant systématiquement, mais les séries de six gestes sont difficiles à aborder avec des inversions dans l'ordre d'exécution des gestes et parfois l'oubli d'un geste. La performance de E reste sensiblement la même à la séance suivante, bien qu'on observe une consolidation sur les séries de

cinq gestes et de plus nombreuses réussites sur les séries de six gestes.

Enfin pendant la dernière séance, E réussit finalement à stabiliser les séquences de six gestes et va même en réussir plusieurs de sept gestes même si l'on observe quelques inversions dans l'ordre d'exécution des gestes dans ces séquences.

Reproduction de figures selon un axe de symétrie :

E est passionné par le graphisme, le design et le dessin et envisage de s'orienter professionnellement dans cette voie, aussi l'exercice et le matériel lui plaisent beaucoup. Il va tout particulièrement s'investir dans cet exercice qu'il ne considère pas du tout comme du travail.

A la première présentation de la tâche, nous pouvons aller jusqu'à sept éléments et trois couleurs différentes sans difficulté majeure à l'exception d'une inversion. La séance suivante, E réalise plutôt facilement des figures de huit éléments allant jusqu'à trois couleurs sans difficulté notable. Néanmoins, les figures de neuf éléments sont un peu plus délicates avec des inversions fréquentes mais cette difficulté sera surmontée lors de la séance suivante. Par ailleurs, il est intéressant d'observer que parfois E rend la tâche plus complexe que nécessaire en réalisant la figure en effectuant deux symétries au lieu de seulement mettre en œuvre la symétrie qui lui est demandée. Lors de la quatrième séance, E réussit des figures comportant neuf éléments avec quatre et cinq couleurs différentes et progresse en réussissant quelques figures de dix éléments et cinq couleurs différentes. Quelques difficultés apparaissent et s'effacent à la séance suivante avec la réussite systématique de ces figures. E progresse dans la dernière séance en réalisant avec succès des figures de onze éléments et cinq couleurs.

Ainsi, E réussit une progression continue et régulière pendant toutes les séances où cet exercice a été proposé passant de six éléments avec deux couleurs différentes à des figures de onze éléments et cinq couleurs différentes. Cette évolution particulièrement positive peut être liée au fait que l'exercice était vraiment plaisant pour E qui montrait une motivation toute particulière et était très enthousiaste face à cette tâche.

Manipulation à l'envers :

Étonnamment sur cette épreuve, E est très rapide et réalise les manipulations sur le Rubik's Cube® très vite. Il arrive aisément jusqu'à six manipulations, mais quand il s'agit d'en réaliser sept, il ralentit et hésite quelque peu mais pour finalement les mettre en œuvre sans erreur. Au final, malgré le ralentissement observé sur les séries de sept manipulations, il parvient à réaliser ces séries sans véritable difficulté.

Séries de symboles à l'envers :

E va très rapidement sur cet exercice également: il est sûr de lui et confiant, avec raison car il ne se trompe pas et réalise sans erreur l'ensemble de l'exercice. Il repère même les distracteurs dans les suites proches tant au niveau des symboles que de l'ordre des symboles.

Mémoire orthographique visuelle :

E aborde l'exercice avec méfiance au départ car il s'agit de mots écrits. Cette méfiance s'estompe rapidement et il se laisse prendre au jeu. Mais aussi, il comprend l'intérêt pour lui car il s'agit de mots extraits de ses productions écrites scolaires, qu'il aura certainement à écrire de nouveau plus tard. L'exercice lui servira donc également à stocker des représentations orthographiques qu'il sera amené à réutiliser dans un avenir proche.

Nous avons débuté à la première séance par des mots de cinq à six lettres puis augmenté progressivement le nombre de lettres des mots choisis jusqu'à douze à treize lettres lors de la dernière séance. E réussit plutôt bien l'exercice et la progression du nombre de lettres ne semble pas entraver son succès. On notera tout de même que la tâche le mettant le plus en difficulté est l'épellation à l'envers et l'épellation une lettre sur deux.

Tout comme N, l'une des sources de difficultés est le doublement de consonnes dans certains mots mais cette difficulté semble s'atténuer au fur et à mesure des séances : E ne fait plus d'erreur liée à ce type de particularité lors des deux dernières séances. E s'appuie à la fois sur la visualisation du mot et sur sa boucle audio-phonatoire avec une vocalisation répétée du mot proposé et non des lettres du mot.

6.2.3 L'évaluation finale de l'enfant E

6.2.3.1 L'évaluation orthophonique de l'enfant E

a) La lecture de E

		Score Brut	Score étalonné
Vol du PC	Temps de lecture	8 min 21 sec	- 10,2 ds
	Erreurs phonétiques	4	- 1,8 ds
	Erreurs logatomes	3	- 0,7 ds
	Erreurs globales	7	- 3,1 ds
	Ajouts ou omissions	2	- 0,2 ds
	Inversions	0	+ 0,4 ds
	Total erreurs	16	- 2 ds
	Score total de lecture	- 7	- 2,6 ds

Tableau 13 : Les voies de lecture de E

b) La compréhension en lecture de E

		Score brut	Score étalonné
Vol du PC	Restitution narrative	10	+ 1,1 ds
	Récit documentaire	12	+ 4,4 ds
	Total récit	22	+ 3,3 ds
	Questions ouvertes	6	+ 1,5 ds
	QCM	10	+ 1,1 ds
	Choix de titres	10	+ 1,3 ds
	Recherche d'informations	5	- 0,9 ds
	Total compréhension	53	+ 2,4 ds

Tableau 14 : La compréhension de lecture de E

c) L'orthographe de E

	Type d'erreurs	Score brut	Score étalonné
Chronodictées	Phonétique	12	- 19,5 ds
	Segmentation	1	- 2,3 ds
	Usage	20	- 4,5 ds
	Morphosyntaxe	31	- 4 ds
	Omission	7	- 17,25 ds
	Total	71	- 6,63 ds

Tableau 15 : L'orthographe de E

6.2.3.2 L'évaluation de la mémoire de travail de l'enfant E

		Stable	Possible
ODEDYS	Empan endroit	7	-
	Empan envers	7	-
Cubes de Corsi	Empan endroit	7	-
	Empan envers	7	-

Tableau 16 : La mémoire de travail de E

7. Analyse et discussion

7.1 Comparaison des résultats

7.1.1 Comparaison des résultats en lecture

7.1.1.1 L'évolution de la lecture de N

		Bilan initial		Bilan final		Evolution	
		Score Brut	Score étalonné	Score Brut	Score étalonné	Score Brut	Score étalonné
Vol du PC	Temps de lecture	3 min	- 0,6 ds	2 min 37 sec	- 0,1 ds	- 23 sec	+ 0,5 ds
	Erreurs phonétiques	0	+ 1,1 ds	0	+ 1,1 ds	0	0
	Erreurs logatomes	2	+ 0,4 ds	2	+ 0,4 ds	0	0
	Erreurs globales	5	- 2,1 ds	4	- 1,5 ds	- 1	+ 0,6 ds
	Ajouts ou omissions	1	- 0,1 ds	2	- 0,9 ds	+ 1	- 0,8 ds
	Inversions	0	+ 0,4 ds	0	+ 0,4 ds	0	0
	Total erreurs	8	- 0,4 ds	8	- 0,4 ds	0	0
	Score total de lecture	13	- 0,2 ds	16	+ 0,2 ds	+ 3	+ 0,4 ds

Tableau 17 : L'évolution de la lecture de N

Légende :

vert : amélioration

rouge : dégradation

N semble avoir légèrement progressé au niveau du temps de lecture dans le test du Vol du PC. Cette progression peut être liée à un effet retest, les évaluations ayant été espacées de seulement 4 mois.

N semble aussi avoir légèrement réduit son nombre d'erreurs de lecture globale.

Par contre N augmente légèrement son nombre d'erreurs liées à des ajouts ou des omissions.

Globalement, on observe une légère amélioration de la lecture de N.

7.1.1.2 L'évolution de la lecture de E

		Bilan initial		Bilan final		Evolution	
		Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné
Vol du PC	Temps de lecture	7 min 38 sec	- 8,8 ds	8 min 21 sec	- 10,2 ds	+ 43 sec	- 1,4 ds
	Erreurs phonétiques	2	- 0,5 ds	4	- 1,8 ds	+ 2	- 1,3 ds
	Erreurs logatomes	2	+ 0,2 ds	3	- 0,7 ds	+1	- 0,9 ds
	Erreurs globales	15	- 8,2 ds	7	- 3,1 ds	- 8	+ 5,1 ds
	Ajouts ou omissions	1	+ 0,4 ds	2	- 0,2 ds	+ 1	- 0,6 ds
	Inversions	0	+ 0,4 ds	0	+ 0,4 ds	0	0
	Total erreurs	20	- 3 ds	16	- 2 ds	- 4	+ 1 ds
	Score total de lecture	- 11	- 3,1 ds	- 7	- 2,6 ds	+ 4	+ 0,5 ds

Tableau 18 : L'évolution de la lecture de E

La vitesse de lecture de E évaluée dans le Vol du PC baisse.

Pour le type d'erreur, on note une légère augmentation des erreurs phonétiques (+2), des erreurs sur la lecture de logatomes (+1) et des erreurs du type ajout ou omission (+1). Par contre, on note une très nette amélioration au niveau des erreurs globales (-8).

Cette importante amélioration au niveau de la lecture globale explique l'évolution positive du score total de lecture.

7.1.1.3 Synthèse de l'évolution de la lecture chez les deux sujets :

Seules deux orientations des résultats sont communes entre les deux patients : la stagnation des inversions qui restent absentes et l'amélioration au niveau des erreurs globales mais dans des proportions très différentes (-1 pour N et -8 pour E).

Il est toutefois intéressant de noter l'évolution positive commune de cette voie d'adressage en lecture.

Plus globalement, la lecture semble s'être légèrement améliorée d'après les scores totaux en lecture au Vol du PC.

7.1.2 Comparaison des résultats en compréhension en lecture

7.1.2.1 L'évolution de la compréhension en lecture de N

		Bilan initial		Bilan final		Evolution	
		Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné
Vol du PC	Restitution narrative	11	+ 1,2 ds	10	+ 0,8 ds	- 1	- 0,4 ds
	Récit documentaire	7	+ 1,8 ds	11	+ 3,6 ds	+ 4	+ 1,8 ds
	Total récit	18	+ 2,3 ds	21	+ 3,2 ds	+ 3	+ 0,9 ds
	Questions ouvertes	5,5	+ 1,1 ds	6	+ 1,6 ds	+ 0,5	+ 0,5 ds
	QCM	10	+ 1 ds	10	+ 1 ds	0	0
	Choix de titres	7	- 0,6 ds	8	- 0,1 ds	+ 1	+ 0,5 ds
	Recherche d'informations	8	+ 0,1 ds	9	+ 0,6 ds	+ 1	+ 0,5 ds
	Total compréhension	48,5	+ 1,9 ds	54	+ 2,4 ds	+ 5,5	+ 0,5 ds

Tableau 19 : L'évolution de la compréhension de lecture de N

On constate une amélioration dans tous les domaines de la compréhension évalués dans le Vol du PC à l'exception de la catégorie restitution narrative où N perd un élément et de la catégorie QCM où le score plafond avait été atteint au bilan initial.

7.1.2.2 L'évolution de la compréhension en lecture de E

		Bilan initial		Bilan final		Evolution	
		Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné
Vol du PC	Restitution narrative	7	- 0,5 ds	10	+ 1,1 ds	+ 3	+ 1,6 ds
	Récit documentaire	7	+ 1,8 ds	12	+ 4,4 ds	+ 5	+ 2,6 ds
	Total récit	14	+ 1 ds	22	+ 3,3 ds	+ 6	+ 2,3 ds
	Questions ouvertes	5,5	+ 1 ds	6	+ 1,5 ds	+ 0,5	+ 0,5 ds
	QCM	10	+ 1,1 ds	10	+ 1,1 ds	0	0
	Choix de titres	10	+ 1,3 ds	10	+ 1,3 ds	0	0
	Recherche d'informations	5	- 0,9 ds	5	- 0,9 ds	0	0
	Total compréhension	44,5	+ 1,1 ds	53	+ 2,4 ds	+ 8,5	+ 1,3 ds

Tableau 20 : L'évolution de la compréhension de lecture de E

Globalement, les résultats au Vol du PC s'améliorent dans tous les domaines évalués au niveau de la compréhension. Toutefois, il est important de relever deux éléments. Tout d'abord, les scores dans les catégories QCM et choix de titres ne pouvaient pas évoluer puisque les plafonds avaient été atteints lors de l'évaluation initiale. Ensuite, au niveau de la recherche d'information, les résultats en-dehors du temps imposé de deux minutes et trente secondes, restent identiques à ceux de l'évaluation initiale.

7.1.2.3 Synthèse de l'évolution de la compréhension en lecture des deux sujets :

On observe quatre domaines dont l'évolution est commune : le récit documentaire (+4 pour N et +5 pour E) s'améliore, N et E récupèrent plus d'éléments de cette nature que précédemment ce qui a pour effet une amélioration globale du score total de la restitution de récit. Les questions ouvertes

s'améliorent également avec l'atteinte du plafond de l'épreuve pour les deux patients. Enfin, on relève la stagnation du score au QCM dont le maximum était déjà atteint et fut maintenu.

Globalement, la compréhension en lecture des deux patients semble s'être améliorée. Néanmoins, il convient de nuancer ces résultats en raison de la possibilité d'un effet retest. En effet, les évaluations n'ont été espacées que de quatre mois. Toutefois, il faut également préciser qu'aucune correction des épreuves n'a été réalisée avec les sujets.

7.1.3 Comparaison des résultats en orthographe

7.1.3.1 L'évolution de l'orthographe de N

		Bilan initial		Bilan final		Evolution	
Chronodictées	Type d'erreurs	Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné
	Phonétique	9	- 14,5 ds	4	- 6,2 ds	- 5	+ 8,3 ds
	Segmentation	2	- 4,7 ds	1	- 2,3 ds	- 1	+ 2,4 ds
	Usage	27	- 6,5 ds	17	- 3,6 ds	- 10	+ 2,9 ds
	Morphosyntaxe	37	- 5,1 ds	27	- 3,3 ds	- 10	+ 1,8 ds
	Omission	1	- 2,2 ds	0	+ 0,3 ds	- 1	+ 2,5 ds
	Total	76	- 7,2 ds	49	- 4,1 ds	- 27	+ 3,1 ds

Tableau 21 : L'évolution de l'orthographe de N

Les résultats de N à Chronodictées ont globalement augmenté dans tous les domaines évalués par ce test. On observe plus particulièrement une progression importante au niveau de l'orthographe phonétique, de l'orthographe d'usage et de l'orthographe morphosyntaxique.

7.1.3.2 L'évolution de l'orthographe de E

		Bilan initial		Bilan final		Evolution	
Chronodictées	Type d'erreurs	Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné
	Phonétique	11	- 17,8 ds	12	- 19,5 ds	+ 1	- 1
	Segmentation	2	- 4,7 ds	1	- 2,3 ds	- 1	+ 2,4 ds
	Usage	27	- 6,5 ds	20	- 4,5 ds	- 7	+ 2 ds
	Morphosyntaxe	44	- 6,4 ds	31	- 4 ds	- 13	+ 2,4 ds
	Omission	0	+ 0,3 ds	7	- 17,3 ds	+ 7	- 17,6 ds
	Total	84	- 8,1 ds	71	- 6,6 ds	- 13	+ 1,5 ds

Tableau 22 : L'évolution de l'orthographe de E

L'orthographe de E semble s'être améliorée dans tous les domaines évalués par Chronodictées à l'exception des erreurs phonétiques (+1) et une très nette augmentation des omissions (+7). On note par ailleurs l'importante amélioration de l'orthographe d'usage et de l'orthographe morphosyntaxique.

7.1.3.3 Synthèse de l'évolution de l'orthographe des deux sujets

On observe trois domaines d'évolution commune au niveau de l'orthographe : les erreurs de segmentation ont légèrement réduit, de même que les erreurs d'usage de façon plus importante (-10 pour N et -7 pour E), les erreurs de morphosyntaxe ont également très nettement réduit (-10 pour N et -13 pour E). De fait, étant donné ces évolutions positives, les résultats totaux à Chronodictées se sont améliorés.

7.1.4 Comparaison des résultats en mémoire de travail

7.1.4.1 L'évolution de la mémoire de travail de N

		Bilan initial	Bilan final	Evolution
Boucle audio-phonatoire	Empan de chiffres endroit	5	7	+ 2
	Empan de chiffres envers	3	7	+ 4
Calepin visuo-spatial	Parcours de cibles endroit	5	7	+ 2
	Parcours de cibles envers	4	6	+ 2

Tableau 23 : L'évolution de la mémoire de travail de N

N a augmenté son empan de chiffres de même que son empan visuo-spatial de façon assez importante aussi bien en mémoire à court terme qu'en mémoire de travail.

7.1.4.2 L'évolution de la mémoire de travail de E

		Bilan initial	Bilan final	Evolution
Boucle audio-phonatoire	Empan de chiffres endroit	6	7	+ 1
	Empan de chiffres envers	5	7	+ 2
Calepin visuo-spatial	Parcours de cibles endroit	6	7	+ 1
	Parcours de cibles envers	5	7	+ 2

Tableau 24 : L'évolution de la mémoire de travail de E

E a une évolution positive de son empan de chiffres et de son empan visuo-spatial avec une amélioration à court terme d'un élément et en mémoire de travail de deux éléments dans les deux domaines évalués.

7.1.4.3 Synthèse de l'évolution de la mémoire de travail chez les deux sujets

Les deux patients ont fortement augmenté leurs capacités en mémoire de travail dans des proportions comparables au niveau du calepin visuo-spatial. Tous deux ont également amélioré leurs performances en mémoire de travail au niveau de la boucle audio-phonologique évaluée au moyen de l'empan de chiffres envers mais dans des proportions différentes: alors qu'E s'améliore de deux éléments, N en gagne quatre.

De plus, la mémoire à court terme des deux patients s'est également améliorée, à raison d'un élément pour E et de deux pour N.

7.2 Analyse des résultats

7.2.1 Sur le plan quantitatif

7.2.1.1 La lecture

		Evolution de N		Evolution de E	
		Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné
Vol du PC	Temps de lecture	- 23 sec	+ 0,5 ds	+ 43 sec	- 1,4 ds
	Erreurs phonétiques	0	0	+ 2	- 1,3 ds
	Erreurs logatomes	0	0	+1	- 0,9 ds
	Erreurs globales	- 1	+ 0,6 ds	- 8	+ 5,1 ds
	Ajouts ou omissions	+ 1	- 0,8 ds	+ 1	- 0,6 ds
	Inversions	0	0	0	0
	Total erreurs	0	0	- 4	+ 1 ds
	Score total de lecture	+ 3	+ 0,4 ds	+ 4	+ 0,5 ds

Tableau 25 : Comparaison des résultats en lecture

D'un point de vue quantitatif, l'évolution générale est minime. On remarque toutefois une amélioration au niveau des erreurs globales plus importante chez E qui néanmoins fait plus d'erreurs sur le plan phonétique et sur les logatomes.

7.2.1.2 La compréhension en lecture

		Evolution de N		Evolution de E	
		Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné
Vol du PC	Restitution narrative	- 1	- 0,4 ds	+ 3	+ 1,6 ds
	Récit documentaire	+ 4	+ 1,8 ds	+ 5	+ 2,6 ds
	Total récit	+ 3	+ 0,9 ds	+ 6	+ 2,3 ds
	Questions ouvertes	+ 0,5	+ 0,5 ds	+ 0,5	+ 0,5 ds
	QCM	0	0	0	0
	Choix de titres	+ 1	+ 0,5 ds	0	0
	Recherche d'informations	+ 1	+ 0,5 ds	0	0
	Total compréhension	+ 5,5	+ 0,5 ds	+ 8,5	+ 1,3 ds

Tableau 26 : Comparaison des résultats en compréhension de lecture

L'évolution de la compréhension de la lecture est positive mais faible avec une augmentation du score total de compréhension allant de 5,5 à 8,5 points soit de +0,5 ds à +1,3 ds

7.2.1.3 L'orthographe

		Evolution de N		Evolution de E	
Chronodictées	Type d'erreurs	Score brut	Score étalonné	Score brut	Score étalonné
	Phonétique	- 5	+ 8,3 ds	+ 1	- 1 ds
	Segmentation	- 1	+ 2,4 ds	- 1	+ 2,4 ds
	Usage	- 10	+ 2,9 ds	- 7	+ 2 ds
	Morphosyntaxe	- 10	+ 1,8 ds	- 13	+ 2,4 ds
	Omission	- 1	+ 2,5 ds	+ 7	- 17,6 ds
	Total	- 27	+ 3,1 ds	- 13	+ 1,5 ds

Tableau 27 : Comparaison des résultats en orthographe

Les scores en orthographe se sont globalement élevés pour les deux sujets avec une nette amélioration au niveau des erreurs de segmentation, d'usage et de morphosyntaxe. Il est toutefois à noter chez E une légère détérioration de l'orthographe phonétique et une augmentation très importante des erreurs de type omission.

On observe au total une réduction du nombre d'erreurs de 13 à 27 soit une amélioration de 1,5 ds à 3,1 ds.

7.2.1.4 La mémoire de travail

		Evolution de N	Evolution de E
Boucle audio-phonatoire	Empan de chiffres endroit	+ 2	+ 1
	Empan de chiffres envers	+ 4	+ 2
Calepin visuo-spatial	Parcours de cibles endroit	+ 2	+ 1
	Parcours de cibles envers	+ 2	+ 2

Tableau 28 : Comparaison des résultats en mémoire de travail

Sur le plan de la mémoire de travail, on constate une augmentation de l'empan quelle que soit la modalité de un à quatre éléments. De plus, on observe également une augmentation de l'empan en mémoire à court terme de un à deux éléments.

7.2.2 Sur le plan qualitatif

7.2.2.1 La lecture

Nous n'avons pas observé d'amélioration spécifique de la lecture, la fluidité semble assez proche ainsi que la vitesse, de même que l'intonation qui ne semble pas s'être particulièrement améliorée.

7.2.2.2 La compréhension en lecture

La rétention des détails de l'histoire, notamment descriptifs par rapport aux ordinateurs datant de cinquante ans auparavant s'est légèrement améliorée avec l'acquisition d'une facilité aussi bien à se souvenir des détails qu'à les exprimer. En effet, E comme N ont eu moins besoin de questions complémentaires et ont été plus fluides dans cette épreuve de restitution de récit.

7.2.2.3 L'orthographe

Nous noterons plus particulièrement l'amélioration des performances au niveau de l'orthographe d'usage et de l'orthographe morphosyntaxique. En effet, les scores au niveau de la segmentation ont augmenté mais de façon limitée. Sur le plan de l'orthographe d'usage, nous n'observons pas de point commun quant aux mots correctement orthographiés par E et N, seuls les mots « festival » et « jouant » sont communs à E et N dans cette amélioration de l'orthographe d'usage. Sur le plan morphosyntaxique, on observe par contre des points communs sur le type d'erreurs évitées. En effet, les erreurs les plus corrigées pour les deux sujets sont les accords des noms et des adjectifs, où l'on voit apparaître le pluriel qui était quasiment systématiquement oublié lors de l'évaluation initiale. De même, l'accord des verbes conjugués est plus fréquemment respecté chez N. On observe également une évolution sur le plan des erreurs d'homophones qui semblent un peu moins confondus, on notera plus précisément deux erreurs corrigées communes aux deux sujets : « c'est » dans la phrase 4 et « se » dans la phrase 5.

7.2.2.4 La mémoire de travail

Les performances en mémoire de travail se sont améliorées non seulement sur le plan quantitatif mais également qualitatif. En effet, l'effort à fournir semble moins important avec une rapidité d'exécution plus efficiente tout particulièrement pour E dont on avait noté au départ la lenteur. N et E ont gagné en fluidité et semblent prendre plaisir à réaliser ces épreuves qui ont pris une tournure ludique pour eux tout en représentant un défi à relever comme l'a soulevé E durant l'évaluation

finale. La composante de la motivation a peut-être joué un rôle dans la réussite de ces tâches.

7.3 Discussion

7.3.1 Les difficultés, biais et limites de l'expérimentation

7.3.1.1 Les difficultés, biais et limites de l'expérimentation liés au contexte

La difficulté principale de cette expérimentation a été le recrutement de la population. La rareté des enfants considérés comme à haut potentiel couplée à la nécessité de la pathologie de type dyslexie-dysorthographe ainsi qu'à un déficit de la mémoire de travail par rapport aux autres domaines de compétences a rendu le recrutement de la population particulièrement difficile.

Notre chance a été d'être en lien avec un collège accueillant grâce à un dispositif spécifique un grand nombre d'enfants dyslexiques-dysorthographiques. Ce contexte a non seulement permis de trouver ces deux sujets mais également d'éliminer la possibilité que ces enfants aient un trouble du comportement et/ou attentionnel grâce aux bilans complets demandés en amont pour intégrer le dispositif. Ce contexte a aussi été favorable à l'intégration relativement aisée de notre entraînement dans l'emploi du temps de ces enfants.

Par ailleurs, les conditions initiales de prise en charge des enfants ont dû être légèrement modifiées. En effet, le recrutement tardif de ces enfants a entraîné le fait que le temps nécessaire au protocole ne souffrait aucune absence ou imprévu puisque le protocole devait être réalisé en entier. Certaines séances ont dû être reprogrammées voire regroupées en une séance d'une demi-heure au lieu d'un quart d'heure. Il est toutefois utile de préciser que cela n'a jamais entraîné la suppression de séances d'orthophonie car ces séances ont pu s'insérer dans les emplois du temps des enfants. Nous n'avons pas remarqué de diminution des performances lors de ces regroupements de séances.

Enfin, le nombre très limité de sujets dans cette expérimentation ne permet pas de réaliser une étude aboutissant à des résultats pouvant être validés scientifiquement, l'échantillonnage étant trop faible. Ainsi le nombre de patients nous a contraint à une étude de cas dont les résultats peuvent amener une réflexion mais en aucun cas une généralisation. De plus, la difficulté à trouver des sujets ayant le profil recherché ne nous a pas permis de mettre en place une population test ne recevant pas cet entraînement ou encore ne recevant pas l'entraînement dans un premier temps mais plus tard afin de croiser les données avec un premier groupe l'ayant reçu durant une première période.

Ainsi, sur le plan méthodologique, notre étude a dû se limiter à une étude de cas ne pouvant donner lieu à des résultats scientifiquement prouvés comme l'exige la rigueur d'une recherche scientifique.

7.3.1.2 Les difficultés, biais et limites de l'expérimentation liés aux exercices proposés

La création du protocole d'entraînement de la mémoire de travail a été délicate et a nécessité des choix qui peuvent soulever des interrogations et que nous expliciterons ci-dessous.

Nous avons autant que possible souhaité créer l'ensemble des exercices même si nous nous sommes inspirés d'exercices existants pour certains. En effet, l'empan de chiffres envers existe notamment dans l'ODEDYS et l'empan de chiffres et lettres existe dans la WISC IV. Toutefois, ce dernier peut poser problème car il nécessite la parfaite connaissance et maîtrise de la suite alphabétique qui n'est parfois pas automatisée. Cela peut donc entraîner un échec dans cet exercice sans pour autant que cela puisse être réellement attribué à un déficit de la mémoire de travail.

Au niveau de l'empan de chiffres envers, il est vrai que l'utilisation de cet exercice peut induire un biais puisqu'il est également utilisé en évaluation initiale et finale. Cependant, il s'agissait pour nous d'un exercice classique de l'entraînement de la mémoire de travail que nous n'envisagions pas de ne pas utiliser. Toutefois, afin d'en limiter l'impact sur l'évaluation finale, nous avons cessé de le proposer à l'approche de la fin du protocole d'expérimentation.

Nous avons souhaité limiter autant que possible le matériel utilisant le langage écrit pendant cet entraînement de la mémoire de travail pour limiter des interférences avec le travail spécifique sur le langage écrit.

Néanmoins, le jeu MOV utilisant des mots écrits, nous a paru intéressant sur le plan de la mémoire de travail notamment en raison de la diversité des tâches proposée à l'enfant. Par ailleurs, nous avons souhaité y consacrer des séances entières afin de travailler un nombre minimum de mots à chaque fois. En effet, l'exercice demande du temps et en une demi-séance nous n'aurions eu le temps de proposer que six ou sept mots ce qui nous semblait peu. Toutefois, afin de limiter son impact sur l'évaluation finale, nous avons exclu des mots proposés tous les mots présents dans les tests réalisés et les avons puisés dans les travaux écrits des sujets dans une démarche écologique. Il se peut que l'exercice ait stimulé les processus cognitifs à l'œuvre dans la mémorisation de l'orthographe de mots écrits.

De même, l'exercice concernant la catégorisation peut amener des interrogations notamment quant à la connaissance des catégories des éléments proposés. Mais cet exercice nous a semblé intéressant pour l'approche spécifique qu'il apportait en proposant de coupler l'entraînement de la mémoire de travail à une recherche sémantique. Il est nécessaire de préciser que la connaissance de l'ensemble des catégories attendues a été vérifiée avant le début de l'exercice et qu'aucun des sujets n'a de retard ou de trouble du langage oral.

Nous avons également noté des difficultés particulières dans la création du protocole concernant les

tâches d'entraînement de la mémoire de travail au niveau du calepin visuo-spatial. D'une part, la difficulté à imaginer ce type de tâches alors qu'à l'exception des cubes de Corsi intervenant dans l'évaluation nous n'avons pas connaissance d'autres exercices impliquant ce système esclave. D'autre part, l'isolement du critère visuel et du critère spatial dans les exercices ne nous a pas semblé possible.

Ainsi nous n'avons pu proposer d'exercice spécifique pour l'un ou l'autre de ces critères, les deux étant profondément liés. Par contre, nous avons tenté de proposer un exercice mettant en jeu le critère dynamique par opposition au critère statique avec la reproduction de gestes de la main. Nous regrettons d'ailleurs de n'avoir pu imaginer d'autres exercices mettant en œuvre ce critère, déséquilibrant ainsi le travail sur le calepin visuo-spatial qui reste à dominante statique.

Enfin, l'une des questions qui peut se poser quant à ce protocole d'entraînement de la mémoire de travail concerne le travail de la composante attentionnelle. Cela constitue une faiblesse de notre protocole, nous n'avons pas su comment aborder l'administrateur central de manière à l'isoler.

Nous avons donc pris le parti de le laisser volontairement de côté considérant qu'il n'y avait pas de problématique attentionnelle spécifique chez les sujets pris en charge. Par ailleurs, nous avons estimé que l'administrateur central serait obligatoirement sollicité lors de chaque exercice puisqu'il est essentiel à la réalisation de tâches de mémoire de travail quel que soit le sous-système utilisé lors des exercices.

7.3.1.3 Les difficultés, biais et limites de l'expérimentation liés à l'évaluation

Nous aborderons ce chapitre en commençant par les limites de l'évaluation au sens large avec le test ayant permis le recrutement de la population sur le plan du haut potentiel. La WISC IV a servi au recrutement de la population au niveau du potentiel intellectuel. Ce choix induit un biais puisque la WISC IV résulte de la conception de l'intelligence de Wechsler. Si celle-ci est généralement admise, elle pourrait malgré tout être contestée étant donné la diversité des théories sur l'intelligence décrites dans la première partie de ce document. Le choix de la population s'est donc limité à la conception de l'intelligence de Wechsler telle qu'elle s'exprime dans son test.

Par ailleurs, l'objet même de notre étude induisait une difficulté dans cette sélection puisque le QI, à l'origine de la détermination d'un haut potentiel, n'est pas sensé être calculé s'il existe plus de 30 points d'écart entre deux indices. Or, un écart important entre l'indice de mémoire de travail et les autres indices était l'un des éléments essentiels de la sélection de notre population.

De plus, la mémoire de travail étant, comme dit précédemment, fortement liée à la vitesse de

traitement, nous ne pouvions pas respecter stricto sensu la conception du haut potentiel découlant de la WISC IV. Pourtant, les performances des sujets dans les autres domaines nous permettaient d'envisager que ces enfants avaient des caractéristiques spécifiques des personnes à haut potentiel et donc pouvaient entrer dans le cadre de notre étude.

Concernant les évaluations initiales et finales, leur contenu aurait pu être amélioré. Sur le plan de la mémoire de travail, nous avons évalué la boucle audio-phonatoire au moyen de l'empan envers de chiffres ainsi que le calepin visuo-spatial au moyen des cubes de Corsi mais nous n'avons pas procédé à une évaluation isolée de l'administrateur central en raison, malgré nos recherches, de l'absence de connaissance d'outil spécifique.

Nous aurions pu aussi pousser l'évaluation plus loin en nous intéressant à la dimension attentionnelle dont nous n'avons perçu l'importance dans le cadre de la mémoire de travail qu'au fur et à mesure du déroulement du protocole. L'évaluation aurait ainsi pu être plus complète, mais il semble que cela aurait considérablement élargi l'objet de notre recherche que nous avons souhaité centrer sur la mémoire de travail.

L'un des biais possibles également dans notre protocole est la proximité des passations des tests. En effet, le temps écoulé entre les évaluations initiales et finales n'est que de trois mois alors que les études montrent que pour réduire cet effet, les évaluations doivent être espacées d'au moins six mois (Basso¹², 1999).

En ce qui concerne la lecture et l'orthographe, nous ne pensons pas que l'impact ait été important étant donné qu'aucune correction n'a eu lieu. Toutefois, la question peut se poser pour la mémoire de travail et le test de compréhension de la lecture avec la possibilité d'avoir retenu l'histoire dans sa globalité ou les questions posées à la suite de la lecture. Les fonctions exécutives sont en effet sujettes à l'effet retest comme le montre l'étude de Basso en 1999.

La proximité de passation du Vol du PC a pu avoir une incidence sur les résultats, néanmoins la différence entre l'évaluation initiale et finale n'est pas très importante étant donné le niveau de départ assez bon des sujets.

Par ailleurs, il aurait pu être intéressant de proposer une évaluation du langage oral des sujets afin d'en définir le niveau. En effet, les sujets sont précoces avec de bons résultats à la WISC IV en compréhension verbale et en raisonnement perceptif et certains résultats plafonnés au Vol du PC. Une évaluation de leur langage oral aurait ainsi permis de rendre compte de leur niveau de langage oral et peut-être de choisir un autre outil d'évaluation de leur compréhension en lecture plus adapté

à leur niveau.

Enfin, à la lumière des résultats obtenus dans cette expérimentation au niveau de l'orthographe d'usage, il apparaît qu'il aurait été intéressant de proposer en évaluation initiale et finale des épreuves de lecture et de dictée de mots isolés. Cela nous aurait permis d'évaluer plus précisément l'impact de la prise en charge sur l'évolution de la voie d'adressage et peut-être de dégager les caractéristiques des mots dont la mémorisation aurait été influencée par l'entraînement de la mémoire de travail.

7.3.2 L'apport de l'expérimentation

Nous pouvons dégager quatre évolutions communes aux deux sujets à l'issue de cette expérimentation : une augmentation des performances en mémoire de travail, une amélioration de la compréhension en lecture, une amélioration de l'orthographe d'usage et une évolution positive de l'orthographe morphosyntaxique.

Le développement des capacités de la mémoire de travail semble effectif chez les deux sujets mais de façon plus importante chez N dont les performances étaient très basses au début. Qu'il s'agisse de la boucle audio-phonatoire ou du calepin visuo-spatial, les deux composantes semblent s'être largement améliorées, l'entraînement paraît donc avoir fonctionné dans ce domaine-là. Toutefois cette amélioration est à nuancer en raison du possible effet retest cité plus haut.

La compréhension en lecture accuse une légère évolution positive mais il est nécessaire de soulever le fait que les deux sujets avaient déjà une compréhension en lecture satisfaisante. Or la compréhension de lecture, d'après Mazeau⁹⁹ en 2005, est dépendante en partie des performances en mémoire de travail.

Ainsi, il est envisageable que les capacités hors normes des sujets au niveau de la compréhension verbale et du raisonnement perceptif aient permis aux sujets de bénéficier d'une compréhension en lecture satisfaisante malgré la faiblesse de leur mémoire de travail. Ainsi l'entraînement spécifique de la mémoire de travail n'a pas eu d'impact important sur la compréhension de lecture de ces deux sujets. Il est possible que cette observation puisse être valable chez d'autres enfants à haut potentiel étant donné qu'elle semble liée à leurs capacités spécifiques.

Sur le plan de l'orthographe grammaticale, celle-ci bénéficie d'une amélioration conséquente plus particulièrement chez N avec notamment des accords noms communs et adjectifs plus fréquemment respectés ainsi que la conjugaison des verbes et quelques homophones corrigés. Il est à noter que ce domaine avait été développé dans la prise en charge en orthophonie avant le protocole. Les règles

régissant l'orthographe grammaticale avaient donc été expliquées et étaient connues, mais d'après l'évaluation initiale, elles avaient été peu automatisées.

Il est donc envisageable que l'amélioration de la mémoire de travail, qui joue un rôle important dans la production de l'écrit, ait permis aux sujets de pouvoir mobiliser ces règles stockées en mémoire et de les mettre en application plus facilement. Il est possible que l'amélioration de la mémoire de travail ait eu des répercussions sur l'évolution de l'orthographe morphosyntaxique. En effet, d'après Kellogg³⁶ en 1996, la mémoire de travail joue un rôle important dans la production écrite et dans l'orthographe morphosyntaxique, il est donc légitime de supposer que l'amélioration de la mémoire de travail a pu influencer cette orthographe.

Toutefois, s'il s'avérait que les résultats au niveau de l'orthographe morphosyntaxique sont en lien avec l'évolution de la mémoire de travail, il convient d'une part de rappeler que ce travail seul, sans rééducation orthophonique préalable développant les règles grammaticales, n'aurait pu avoir de résultats. En effet, la connaissance de ces règles est un pré-requis indispensable, il est donc évident que si l'entraînement de la mémoire de travail peut avoir un effet sur cette composante de l'orthographe, il ne peut en aucun cas remplacer une prise en charge en orthophonie plus classique. Néanmoins, l'entraînement de la mémoire de travail peut s'intégrer dans les séances d'orthophonie et dans le cas de ce protocole, cela pourrait se réaliser facilement dans le cadre de séances de quarante-cinq minutes. Par ailleurs, même si le protocole semble avoir entraîné une certaine amélioration, nous ne pouvons savoir si cette amélioration est due uniquement à l'évolution de la mémoire de travail ou aux capacités de transfert des apprentissages spécifiques aux enfants à haut potentiel telles qu'évoquées par Revol et Fournier⁶⁵ en 2004.

Enfin, dernier élément : l'orthographe d'usage a été améliorée par les deux sujets et constitue une conséquence inattendue du protocole. En effet, l'augmentation des capacités en mémoire de travail, aurait dû apporter une amélioration de l'orthographe morphosyntaxique détaillée ci-dessus et une amélioration de la compréhension en lecture que nous avons évoquée auparavant et dans laquelle les sujets étaient déjà performants.

Cependant, l'évolution de l'orthographe d'usage laisse supposer que l'entraînement de la mémoire de travail aurait eu un impact sur le développement du stock lexical orthographique. Ce phénomène peut avoir plusieurs explications. Tout d'abord, l'augmentation de l'empan visuel a pu permettre l'augmentation de la vitesse et de la précision de la capture visuelle ce qui faciliterait la constitution du stock. Ensuite, l'amélioration de la mémoire de travail a pu avoir une influence sur la mémoire visuelle qui joue un rôle important dans la constitution du stock lexical. De plus, l'entraînement de la mémoire de travail a pu améliorer l'automatisation des processus mis en œuvre dans

l'orthographe d'usage. Il est donc raisonnable de penser que l'entraînement de la mémoire de travail et plus particulièrement du calepin-visuo-spatial ait entraîné une amélioration de la mémoire visuelle ayant facilité la constitution du stock lexical orthographique.

Mais la question peut également se poser quant à l'efficacité du jeu MOV utilisé régulièrement durant le protocole sur des mots non-présents dans les tests proposés en début et fin de protocoles. Ainsi peut se poser la question de l'utilisation de la mémoire de travail comme outil de rééducation dans le cadre du développement du stock lexical orthographique et de stimulation des processus cognitifs participant à son développement.

Pour conclure, il semblerait que l'expérimentation ait permis à ces deux sujets à haut potentiel intellectuel d'améliorer leur mémoire de travail ce qui pourrait avoir eu pour conséquence d'améliorer la mise en œuvre de certaines règles grammaticales et d'améliorer leur orthographe d'usage en stimulant leur mémorisation visuelle. Bien entendu, l'échantillon est trop faible pour pouvoir généraliser ses résultats mais l'entraînement de la mémoire de travail, considérée comme un pré-requis au langage écrit, semble avoir eu un impact sur le trouble des apprentissages de ces deux sujets au profil cognitif spécifique. Il pourrait être intéressant pour la prise en charge en orthophonie de pousser plus loin cette étude.

7.3.3 Quelles suites donner à cette expérimentation ?

L'expérimentation semble avoir donné des résultats positifs sur ces deux sujets. Afin d'aller plus loin et de valider tant l'hypothèse de départ que l'efficacité du protocole, il serait intéressant de mener une étude sur un plus grand nombre de sujets avec deux types de populations:

- une population aux caractéristiques cognitives semblables à ceux de la présente étude.
- une population ayant des troubles des apprentissages du langage écrit du même type mais un profil cognitif sans précocité avec une mémoire de travail déficitaire.

Une étude englobant ces deux types de population permettrait d'étudier les différentes questions que posent les résultats de cette expérimentation. Tout d'abord, cela permettrait de valider ou non l'efficacité du protocole proposé d'entraînement de la mémoire de travail. Ensuite, si le protocole était validé, selon les résultats dans le domaine du langage écrit dans les deux populations, cela permettrait de confirmer ou non son impact chez les sujets précoces et non-précoces. Enfin, de la comparaison des résultats chez ces deux populations, on pourrait déduire l'influence des capacités spécifiques des enfants précoces sur la généralisation de la mise en œuvre de la mémoire de travail à d'autres domaines. Une telle étude, si elle était menée, permettrait de confirmer l'intérêt de la

rééducation de la mémoire de travail en orthophonie dans le cadre d'une rééducation d'un trouble des apprentissages du langage écrit.

Par ailleurs, il pourrait être intéressant de développer l'aspect attentionnel laissé de côté dans notre expérimentation en complétant les évaluations initiales et finales avec des épreuves d'attention auditive et visuelle. Le fait de développer ces évaluations permettrait d'évaluer l'impact du protocole sur ces composantes attentionnelles. Cela pourrait ouvrir d'autres pistes de réflexion sur le lien entre la composante attentionnelle et les troubles des apprentissages du langage écrit. De plus, ce travail pourrait s'avérer intéressant pour la prise en charge en orthophonie des composantes attentionnelles dans le cadre de ces pathologies.

Enfin, étant donné les résultats surprenants sur le plan de l'orthographe d'usage, deux pistes de réflexion se présentent à nous. D'une part, une piste déjà évoquée plus haut concernant l'évaluation de la voie d'adressage avec l'utilisation de mots isolés pourrait se révéler intéressante pour l'approche de la rééducation de la voie d'adressage en orthophonie et l'apport éventuel de la mémoire de travail dans ce cadre-là. D'autre part, il serait intéressant de se pencher sur la portée thérapeutique du jeu MOV en évaluant non-seulement l'intérêt qu'il peut avoir pour enrichir le stock lexical orthographique avec les mots proposés à l'enfant avec ce matériel. Mais aussi de s'interroger sur l'impact que ce jeu peut avoir sur la stimulation des processus cognitifs à l'œuvre dans la mémorisation de l'orthographe des mots stockés par le patient sans entraînement particulier.

Ainsi, si cette étude n'a malheureusement pas pu fournir de résultats généralisables à une population, elle ouvre malgré tout plusieurs pistes de réflexions et d'études. Ces dernières pourraient amener d'autres éléments pour la rééducation orthophonique des troubles des apprentissages du langage écrit aussi bien pour les enfants ayant cette particularité qu'est la précocité intellectuelle que pour les autres patients.

Conclusion

L'ensemble des données théoriques recueillies met en évidence l'importance de l'influence de la mémoire de travail dans la lecture, la compréhension de lecture et la production écrite. La mémoire de travail a donc un rôle clé à jouer dans le cadre des pathologies de l'apprentissage du langage écrit. Par ailleurs, certaines études montrent la capacité des enfants précoces à transférer des compétences acquises dans d'autres domaines.

Notre étude avait pour objectifs d'améliorer les performances en mémoire de travail des sujets et d'étudier l'impact d'une plus grande efficacité de la mémoire de travail sur les troubles des apprentissages du langage écrit du type dyslexie-dysorthographe chez des enfants précoces. Les résultats obtenus aux bilans montrent une stagnation de la qualité de lecture et de la compréhension écrite mais une amélioration notable de la mémoire de travail, de l'orthographe morphosyntaxique et de l'orthographe d'usage chez les deux sujets.

Nous pouvons donc en déduire que le protocole de rééducation proposé, malgré ses biais et les biais de l'évaluation, a effectivement permis une augmentation des capacités de la mémoire de travail.

Grâce à celle-ci les deux-sujets semblent avoir amélioré leur orthographe morphosyntaxique et leur orthographe d'usage.

Toutefois, le nombre de sujets dans la population ne permet pas de valider scientifiquement les résultats de notre étude. Si celle-ci ne peut donner lieu à une généralisation de ses résultats, elle ouvre plusieurs pistes de réflexion. Tout d'abord, elle interroge sur l'intérêt en rééducation orthophonique des enfants précoces de s'appuyer sur leurs capacités spécifiques. Ensuite, elle pose la question des apports d'un entraînement spécifique de la mémoire de travail intégré à la prise en charge en orthophonie pour les enfants souffrant de dyslexie-dysorthographe. Par ailleurs, lors de cette étude nous avons utilisé des exercices mettant en jeu le calepin visuo-spatial dont le jeu « mémoire orthographique visuelle » dont l'efficacité serait à évaluer.

Des études sur ces questionnements pourraient contribuer à développer et enrichir la prise en charge en orthophonie des troubles des apprentissages du langage écrit.

Bibliographie

Articles issus de périodiques et d'ouvrages:

- 1°) Alegria J., Cluytens, M., Morais, J., (1984). Segmentation abilities of dyslexics and normal readers. *Perceptual and Motor Skills*, 58.
- 2°) Alegria J., Morais, J., (1991). Segmental Analysis and Reading Acquisition. *Learning to Read*. Erlbaum.
- 3°) Anderson M., (1986). Inspection time and IQ in young children. *Personal Individual Differences*, 7.
- 4°) Arffa S., Lovell M., Poddell K., Goldberg E., (1998). Wisconsin card sorting test performance in above and superior school children: relationship to intelligence and age. *Arch Clin Neuropsychol*, 13.
- 5°) Atkinson R., Shiffrin R., (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, Vol 2. New York: Academic Press.
- 6°) Baddeley A.D., (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4.
- 7°) Baddeley A.D., (2003). Working memory : Looking back and looking forward. *Nature reviews*, Vol 4.
- 8°) Baddeley A.D., Hitch, G. (1974). Working memory. *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol 8. New York: Academic Press.
- 9°) Baddeley A.D., Thomson, N., Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14.
- 10°) Bakker, D., Van Leueuwen, H., Spyer, G., (1987). Neuropsychological aspects of Dyslexia. *Child Health and Development*, 5.
- 11°) Bakker D., (1992). Neuropsychological classification and treatment of dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 25.
- 12°) Basso M. R., Bornstein R. A., Lang J. M., (1999). Practice effects on commonly used measures of executive function across twelve months. *The Clinical neuropsychologist*. Vol. 13.
- 13°) Benbow C.P., Minor L.L., (1990). Cognitive profiles of verbally and mathematically precocious students: Implications for identification of the gifted. *Gifted Child Quarterly*, 34.
- 14°) Binet A., Simon T., (1905). Méthodes nouvelles pour le diagnostic intellectuel des anormaux. *L'année Psychologique*, 11.
- 15°) Boden C., Brodeur D.A., (1999). Visual processing of verbal and non-verbal stimuli in adolescents with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 32.

- 16°) Boder E., (1970). Developmental dyslexia: a diagnostic approach based on three atypical reading-spelling patterns. *Developmental Medicine Child Neurology*, 15.
- 17°) Boder E., (1971). Developmental dyslexia: a new diagnostic approach based on three characteristics patterns of reading and spelling. *Learning disorders*. Seattle: Special Children Education.
- 18°) Boder E., (1973). Developmental dyslexia : A diagnostic approach based on three atypical reading-spelling patterns. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 17.
- 19°) Colle H.A., Welsh A., (1976). Acoustic masking in primary memory. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 15.
- 20°) Conrad R., Hull A., (1964). Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, 55.
- 21°) Davis H., Anderson M. (2001) Developmental and individual differences in fluid intelligence: evidence against the unidimensional hypothesis. *British Journal of Developmental Psychology*, 19.
- 22°) Ehri L., (1980). The development of orthographic image. *Cognitive Process in Spelling*. London: Academic Press.
- 23°) Ehri L., Wilce L., (1987). Does Learning to spell help beginners learn to read words? *Reading Research Quaterly*, 22.
- 24°) Ehri L.C., (1992). Reconceptualizing sight word reading. *Reading acquisition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 25°) Ehri L.C., Robbins, C., (1992). Beginners need some decoding skill to read words by analogy. *Reading Research Quaterly*, 27.
- 26°) Feldman D.H. (1992). The theory of co-incidence: how giftedness develops in extreme and less extreme cases. *Talent for the future: proceedings of the ninth world conference on gifted and talented children*. Assen: Van Gorcum.
- 27°) Frith U., (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. *Surface Dyslexia, Neuropsychological and Cognitive Studies of Phonological Reading*. London: Erlbaum.
- 28°) Gaonac'h D., (2005). Mémoire de travail et apprentissages scolaires. *ANAE*, 81.
- 29°) Gathercole S.E., Hitch G.J., (1993). Developmental Changes in Short-Term Memory: a Revised Working Memory Perspective. *Theories of Memory*. Erlbaum.
- 30°) Gottfredson L.S., (1997). Editorial : Mainstream science on intelligence : An editorial with 52 signatories, history, and bibliography. *Intelligence*, 24.
- 31°) Haier R.J., Siegel B.V., Neuchterlein K.N., Hazlett E., Wu J.C., Paek J., et al. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence*, 12.

- 32°) Hollinger C.L., Kosek S., (1986). Beyond the use of full scale IQ scores. *Gifted Child Quaterly*, 30.
- 33°) Horn J.L., Cattell R.B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized intelligence. *Journal of educational Psychology*, 57.
- 34°) Horn J. L., Cattell R.B. (1967). Age differences in fluid and crystallized intelligence. *Acta Psychologica*, 26.
- 35°) Houdé O., (2000). Shifting from the perceptual brain to the logical brain. The neural impact of cognitive inhibition training. *Journal of Cognitive Sciences*, 12.
- 36°) Kellogg R.T., (1996). A model of working memory in writing. *The science of writing: Theories, methods, individual differences and applications*. Hillsdale: Erlbaum.
- 37°) Lambert E., Alamargot D., Chauquoy L., (2005). La production écrite et ses relations avec la mémoire. *ANAE*, 81.
- 38°) Landerl K., Wimmer H., Frith U., (1997). The impact of orthographic consistency on dyslexia: a German-English comparison. *Cognition*, 63.
- 39°) Lashley K.S., (1920). Sensory Physiology of animals. *Psychological Bulletin*, 17.
- 40°) Logie R.H., Marchetti C., (1991). Visuo-spatial working memory: visual, spatial or central executive? *Mental images in human cognition*. Amsterdam: Elsevier.
- 41°) Lovatt P.J., Avons S. E., Masterson J., (2000). The word-length effect and disyllabic words. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 53.
- 42°) Luria A.R., (1983). The development of writing in the child. *The psychology of written language*. Chichester: John Wiley and sons.
- 43°) Mann R.L., (2005). Gifted students with spatial strengths and sequential weaknesses: An overlooked and under-identified population. *Poeper Review* 27.
- 44°) McClelland J.L., (1985). Distributed models of cognitive processes. *Memory Dysfunctions: An integration of animal and human research*. New York: New York Academy of Sciences.
- 45°) McClelland, J.L., Rumelhart, D.E., (1985). Distributed memory and the representation of general and specific information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114.
- 46°) Morton J., (1979). Facilitation in word recognition : experiments causing change in the Logogen. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 34.
- 47°) Morton J., (1979). Facilitation in word recognition: Experiments causing changes in the logogen model.. *Processing of Visible Language*. New York: Plenum Publishing Company.
- 48°) Morton J., Patterson K., (1980). A new attempt at an interpretation. *Deep Dyslexia*. London: Routledge and Kegan Paul.

- 49°) Nairne J.S., (1990). A feature model of immediate memory. *Memory and Cognition*, 18.
- 50°) O'boyle M.W., Benbow C. P., (1990). Enhanced right hemisphere during cognitive processing may relate to intellectual precocity. *Neuropsychologia*, 28.
- 51°) Parks R.W., Loewenstein D.A., Dodrill K.L., Barker W.W., Yoshii F., Chang J.Y., (1988). Cerebral metabolic effects of a verbal fluency task: a pet scan study. *J Clin Exp Neuropsychology*, 10.
- 52°) Patterson K., Shewell C., (1987). Speak and spell: dissociations and word-class effects. *The Cognitive Neuropsychology of Language*. London: Erlbaum.
- 53°) Pickering S.G., (2001). Cognitive approaches to the fractionation of visuo-spatial working memory. *Cortex*, 37.
- 54°) Pickering S.G., Gathercole S.E., Hall M., Lloyd S.A., (2001). Development of memory for pattern and path: further evidence for the fractionation of visuo-spatial memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54.
- 55°) Planche P., (1985) Modalités fonctionnelles et conduites de résolution de problèmes chez l'enfant précoce de cinq, six et sept ans d'âge chronologique. *Archives de Psychologie*, vol 53, n°207.
- 56°) Planche P., (1998). La construction des notions spatiales chez les enfants intellectuellement précoces âgés de 6 à 8 ans. *Enfance*, 2.
- 57°) Planche P., (2000). Le fonctionnement et le développement cognitifs de l'enfant intellectuellement précoce. *L'année Psychologique*, 100.
- 58°) Planche P., Gicquel M. C., (2000). L'accession à l'opérativité formelle chez les enfants intellectuellement précoces. *International Journal of Psychology*, 35.
- 59°) Planche P., (2001). Learning and transfer abilities in intellectual advanced 7 and 8-year-old children on the tower of Hanoi Task. *Educating Able Children*, Vol 5.
- 60°) Planche P., (2005). Le fonctionnement et le développement cognitif de l'enfant intellectuellement précoce: quelques spécificités. *ANAE*, 81.
- 61°) Porath M., (1992). Stage and structure in the development of children with various types of « giftedness ». *The mind's staircase*. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Ass.
- 62°) Renzulli J.S., (1978). What makes giftedness? Re-examining a definition. *Phi Delta Kappan*, 60.
- 63°) Renzulli J. S., (2002). Emerging conceptions of giftedness: Building a bridge to the new century. *Exceptionality*, 10.
- 64°) Repovs G., Baddeley A., (2006). The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139.

- 65°) Revol O., Louis, J., Fourneret P., (2004). L'enfant précoce: signe particuliers. *Neuropsychologie de l'enfance et de l'adolescence*, 52.
- 66°) Seymour P.H.K., (1997). Les fondations du développement orthographique et morphographique. *Des orthographes et leur acquisition*. Lausanne: Delachaux et Niestlé.
- 67°) Shallice T., Warrington E., (1970). Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22.
- 68°) Shallice T., Warrington E.K., (1980). Single and multiple component central dyslexic syndrome. *Deep Dyslexia*. London : Routledge et Kegan Paul.
- 69°) Shallice T., Warrington E.K., McCarthy R., (1983). Reading without semantics. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35.
- 70°) Silver S.J., Clampit M.K., (1990). WISC-R profiles of high ability children : interpretation of verbal-performance discrepancies. *Gifted Child Quaterly*, 34.
- 71°) Singh H., O'Boyle M.W., (2004). Interhemispheric interaction during global-local processing in mathematically gifted adolescents, average-ability youth and colleges students. *Neuropsychology*, 18
- 72°) Spearman C., (1904). "General intelligence," objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15.
- 73°) Sternberg R. J., (2001). Giftedness as developing expertise: A theory of the interface between high abilities and achieved excellence. *High Ability Studies*, 12.
- 74°) Sternberg R. J., (2003). WICS as a model of giftedeness. *High Abilities Studies*, 14. study. *Developmental Psychology*, 30.
- 75°) Swanson H.L., (2000). Working memory, short-term memory, speech rate, word recognition and reading comprehension in learning-disabled readers : Does the executive system have a role ? *Intelligence*, 28.
- 76°) Swanson H. L., Howell M., (2001). Working memory, short-term memory and speech rate as predictors of children's reading performance at different ages. *Journal of Educational Psychology*, 93.
- 77°) Tannenbaum A. J., (1986). Giftedness: A psychosocial approach. *Conceptions of giftedness*. New York: Cambridge University Press.
- 78°) Terrassier J. C., (1979). Le syndrome de dyssynchronie. *Neuropsychiatrie de l'enfance*, 27.
- 79°) Vaivre-Douret L., (2004). Point de vue développemental sur l'enfant à « hautes potentialités » (surdoué). *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, 17.
- 80°) Vaivre-Douret L., (2004). Les caractéristiques développementales d'un échantillon d'enfants tout venant « à hautes potentialités » (surdoués): suivi prophylactique. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 52.

81°) Valdois S., Gérard C., Vanauld P., Dugas M., (1995). Developmental dyslexia: a visual attentional account? *Cognitive Neuropsychology*, 12.

82°) Webb R.A., (1974). Concrete and formal operations in very bright 6 to 11 years olds. *Human Development*, 17.

83°) Webb J.T., (1993). Nurturing social-emotional development of gifted children. *International Handbook for Research on Giftedness and Talent*. Oxford: Pergamon Press.

84°) Wilke M., Sohn J. H., Byars A.W., Holland S.K., (2003). Bright spots: correlations of gray matter volume with IQ in a normal pediatric population. *NeuroImage*, 20.

85°) Wolf M., Bowers P., (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology*, 91.

86°) Wolf M., Bowers P., Biddle K., (2000). Naming-speed processes, timing and reading: A conceptual review. *Journal of Learning Disabilities*, 33.

Ouvrages:

87°) Carroll J.B. (1993). *Human Cognitive abilities; A Survey of Factor-analytic Studies*, Cambridge University Press.

88°) Ellis A.W., (1984). *Reading, writing and dyslexia: a cognitive analysis*. Hove: Erlbaum.

89°) Ellis A.W., Young, A.W., (1988). *Human cognitive Neuropsychology*. Hove: Erlbaum.

90°) Gardner H. (1983) *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*, New York: Basic Books.

91°) Gardner H. (1997). *Les formes de l'intelligence*. Paris: Odile Jacob.

92°) Gardner H. (2004). *Les intelligences multiples*. Paris: Retz.

93°) Grégoire J. (2005). *L'évaluation clinique de l'intelligence de l'enfant; théorie et pratique du WISC-III*. Primont: Mardaga.

94°) Grubar J.C., Duyme, M., Cote, S., (Dir.) (1997). *La précocité intellectuelle: de la mythologie à la génétique*. Liège: Mardaga.

95°) Guilford J.P., (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw Hill.

96°) Guilford J.P., Hoepfner, R. (1971). *The Analysis of Intelligence*. New York: McGraw Hill.

97°) Kaufman A.S., Kaufman, N.L., (1983). *K-ABC interpretative manual*. Circle Pines, MN: American Guidance Service.

98°) Lubart T., (2006). *Enfants exceptionnels : Précocité intellectuelle, haut potentiel et talent*.

Paris: éditions Bréal.

99°) Mazeau M., 2005 *Neuropsychologie et troubles des apprentissages, du symptôme à la rééducation*. Paris: Masson.

100°) Meeker M.N., (1979). *Curriculum guide for the gifted*. California Department of Education, Sacramento , Californie.

101°) Morais J., (1994). *L'art de lire*. Paris: Odile Jacob.

102°) Morais J., (1999). *Apprendre à Lire*. Paris: Odile Jacob.

103°) Piaget J., Oléron P., Inhelder B., Gréco P., (1963). *L'intelligence .Traité de psychologie expérimentale, vol. VII*. Paris: PUF.

104°) Piaget J., Inhelder, B., (1966). *La psychologie de l'enfant*. Paris: PUF.

105°) Piaget J., (1969). *Psychologie et pédagogie*, Paris: Denoël.

106°) Seymour P., (1986). *A cognitive analysis of dyslexia*. London: Routledge and Kegan Paul.

107°) Siaud-Facchin J., (2002). *L'enfant surdoué: l'aider à grandir, l'aider à réussir*. Paris, Odile Jacob.

108°) Spearman C., (1927). *The abilities of man*. London: Macmillan.

109°) Sternberg R. J., (1985). *Beyond IQ: A Triarchic Theory of Intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.

110°) Sternberg R. J., (1988). *The triarchic mind: A new theory of human intelligence*. New York: Viking-Penguin.

111°) Terrassier J.C., (1981/1999). *Les enfants surdoués ou la précocité embarrassante*. Paris: ESF.

112°) Thurstone L.L., (1938). *Primary mental abilities*. Chicago: University of Chicago Press.

113°) Vygotski L., (1997). *Pensée et langage*. Paris: La Dispute.

114°) Wechsler D., (1939). *The measurement of adult intelligence*. Baltimore: Williams & Wilkins.

115°) Weidman N. M., (1999). *Constructing Scientific Psychology. Karl Lashley's Mind-Brain Debates*. Press Syndicate: University of Cambridge.

Tests utilisés:

116°) Boutard, C., Alberti, C., Baneath, B., (2006) *Chronodictées*. Isbergues: Orthoéditions.

117°) Boutard C., Claire I., Gretchanovsky L., (2008). *Le Vol du PC: Evaluation fonctionnelle de la lecture chez les 11 à 18 ans*. Isbergues: Orthoéditions.

118°) Jacquier-Roux, M., Valdois, S., Zorman, M., (2005). *ODEDYS, Outil de Depistage des DYSlexies, version 2*.

119°) Wechsler, D., (2001). *Échelle Clinique de mémoire de Wechsler- 3e édition*. Paris : ECPA.

120°) Wechsler, D., (2005). *WISC-IV: Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents*. Paris: Centre de Psychologie Appliquée.

Site internet:

121°) <http://orthophonielibre.wordpress.com/?s=MOV>

Annexes

Descriptif des exercices

Exercices s'appuyant sur la boucle phonologique

Différents exercices de mémoire de travail s'appuyant sur la boucle phonologique ont été proposés aux patients, nous avons également tenté de diversifier le matériel utilisé : chiffres, lettres, mots et questions.

Catégorisation : On donne plusieurs mots au patient, il doit les conserver en mémoire pour ne dire que leur catégorie sémantique dans l'ordre.

Empan envers : Une série de plusieurs chiffres est énoncée, le patient doit les restituer en ordre inverse.

Questionnaire n-1 : Une série de questions est posée. A chaque question posée, le patient doit répondre à la précédente et donc garder en mémoire la question qui vient d'être posée pour y répondre par la suite tout en mémorisant la nouvelle question.

Questionnaire n-2 : Une série de questions est posée. A chaque question posée le patient doit répondre non pas à la précédente mais à celle d'avant et donc garder en mémoire les deux dernières questions qui viennent d'être posées pour y répondre par la suite tout en mémorisant les nouvelles questions posées. Certaines questions comme celles portant sur le calcul mental sont allongées de façon artificielle en travaillant uniquement sur la formulation de la question, néanmoins celles-ci nécessitent une sélection plus importante des informations pertinentes.

Empan chiffres et lettres : une série de chiffres et lettres mélangés est donnée oralement au patient qui doit les maintenir en mémoire pour restituer d'une part les chiffres en ordre croissant et d'autre part les lettres dans l'ordre alphabétique.

Le chiffre qui manque : Une série de chiffres est donnée oralement dans un ordre aléatoire, le patient doit retrouver quel chiffre de la série n'a pas été énoncé.

Phrases, un mot sur deux : une phrase est dite au patient celui-ci ne doit redire qu'un mot sur deux, sur trois, en commençant par le premier ou deuxième mot. Ces éléments de consignes ne sont

donnés qu'après avoir dit la phrase.

Exercices s'appuyant sur le registre visuo-spatial

Différents exercices de mémoire de travail faisant appel au registre visuo-spatial ont été proposés aux patients, nous avons également tenté de diversifier le matériel utilisé : gestes, symboles, rubik's cube et éléments géométriques de couleur.

Reproduction de série de gestes : on montre au patient une série de gestes ou positions des mains qu'il doit retenir pour les restituer en ordre inverse.

Parcours visuel : On pointe tour à tour plusieurs cibles, le patient doit retenir la séquence pour la reproduire en sens inverse.

Reproduction de figures selon un axe de symétrie : une figure composée de pièces en trois dimensions est montrée au patient, celui-ci doit après l'avoir mémorisée la recomposer par rapport à un axe déterminé au moyen de pièces qui lui sont fournies.

Manipulation à l'envers : On utilise un Rubik's Cube® sur lequel on fera plusieurs manipulations que le patient devra mémoriser afin de reproduire la séquence en sens inverse.

Série de symboles à l'envers : On propose une suite de symboles au patient, celui-ci devra choisir entre plusieurs items lequel correspond à la suite en ordre inverse.

Un exercice particulier s'appuyant sur les deux modalités

Mémoire Orthographique Visuelle :

On montre au patient un mot qu'on cache ensuite. Puis, on demande au patient de lancer un dé. En fonction du chiffre donné par le dé, le patient devra effectuer une tâche précise pour s'assurer que l'information orthographique du mot est bien mémorisée :

- Face 1 – Épeler le mot à l'endroit
- Face 2 – Énoncer le nombre de lettres du mot
- Face 3 – Énoncer le nombre de voyelles contenues dans le mot
- Face 4 – Énoncer le nombre de consonnes contenues dans le mot

- Face 5 – Épeler une lettre sur deux (en commençant par la première)
- Face 6 – Épeler le mot à l'envers

Il est proposé au patient entre dix et quinze mots par séance.

Le but de cet exercice est de s'appuyer tant sur la boucle phonologique que sur le registre visuo-spatial.

Descriptif de la progression du protocole

Séance n°1- questionnaire n-1 et parcours envers.

Questionnaire n-1 : Dans ce premier questionnaire, il est proposé des questions courtes appelant une réponse courte.

Parcours envers : Il est proposé au patient de commencer un élément en-dessous de l'empan déterminé lors de l'épreuve des cubes de Corsi.

Séance n°2- Parcours envers et le chiffre qui manque

Parcours envers : Continuité de l'entraînement commencé lors de la séance précédente.

Chiffre qui manque : Il est proposé au patient de commencer avec une série de trois chiffres en plus de celui qui manque et d'augmenter jusqu'à trouver sa limite.

Séance n°3- le chiffre qui manque et reproduction de figures colorées selon un axe de symétrie.

Chiffre qui manque : Entraînement à partir de la limite déterminée lors de la séance précédente.

Reproduction de figures selon un axe de symétrie : Il est proposé au patient de commencer avec une figure comportant peu d'éléments et peu de couleurs différentes (cinq éléments et deux couleurs).

Séance n°4- Reproduction de figures colorées selon un axe de symétrie et empan envers.

Reproduction de figures selon un axe de symétrie : Augmentation du nombre d'éléments et de couleurs.

Empan envers : Il est proposé au patient de commencer l'entraînement au niveau de l'empan déterminé lors du bilan initial.

Séance n°5- Empan envers et reproduction envers de séries de gestes.

Empan envers : Augmentation de l'empan.

Reproduction envers de séries de gestes : Il est proposé au patient de commencer avec peu d'éléments et d'augmenter leur nombre jusqu'à trouver sa limite.

Séance n°6- MOV : mémoire orthographique visuelle.

Les mots sont choisis en fonction des difficultés de l'enfant, ils sont repérés dans les écrits scolaires de l'enfant et classés en fonction de leur longueur. Les mots présents dans les tests (Alouette, Vol du PC, Chronodictées) destinés à l'évaluation initiale et finale sont exclus de la liste des mots proposés.

Séance n°7- Reproduction envers de séries de gestes et questionnaire n-1.

Reproduction envers de séries de gestes : augmentation de l'empan.

Questionnaire n-1 : augmentation de la longueur des questions et des réponses.

Séance n°8- Questionnaire n-1 et parcours envers.

Questionnaire n-1 : augmentation de la longueur des questions et des réponses.

Parcours envers : augmentation du nombre d'éléments dans le parcours à reproduire.

Séance n°9- parcours envers et le chiffre qui manque.

Parcours envers : augmentation du nombre d'éléments dans le parcours à reproduire.

Le chiffre qui manque : augmentation du nombre de chiffres dans la série donnée.

Séance n°10- le chiffre qui manque et reproduction de figures colorées selon un axe de symétrie.

Le chiffre qui manque : augmentation du nombre de chiffres dans la série donnée.

Reproduction de figures selon un axe de symétrie : augmentation de la complexité de la figure à reproduire.

Séance n°11- reproduction de figures colorées selon un axe de symétrie et empan envers.

Reproduction de figures selon un axe de symétrie : augmentation du nombre d'éléments et de couleurs dans la figure à reproduire.

Empan envers : augmentation du nombre de chiffres de la série.

Séance n°12- MOV.

Augmentation de la longueur des mots présentés.

Séance n°13- Empan envers et reproduction envers de séries de gestes.

Empan envers : augmentation du nombre de chiffres de la série.

Reproduction envers de séries de gestes : augmentation de l'empan.

Séance n°14- Reproduction envers de séries de gestes et questionnaire n-2.

Reproduction envers de séries de gestes : augmentation du nombre de gestes.

Questionnaire n-2 : il est proposé au patient des questions courtes appelant une réponse courte.

Séance n°15- Questionnaire n-2 et parcours envers.

Questionnaire n-2 : questions courtes appelant une réponse courte mais augmentation d'empan.

Parcours envers : il est proposé au patient une augmentation du nombre d'éléments présents sur le support.

Séance n°16- parcours envers et le chiffre qui manque.

Parcours envers : Il est proposé au patient d'augmenter la longueur du parcours sur un support avec plus d'éléments.

Le chiffre qui manque : augmentation de l'empan.

Séance n°17- MOV.

Augmentation de la longueur des mots par rapport à la précédente session.

Séance n°18- le chiffre qui manque et reproduction de figures selon un axe de symétrie.

Le chiffre qui manque : augmentation de l'empan.

Reproduction de figures selon un axe de symétrie : augmentation de la complexité de la figure.

Séance n°19- reproduction de figures selon un axe de symétrie et empan de Chiffres et lettres.

Reproduction de figures selon un axe de symétrie : augmentation de la complexité de la figure.

Empan de chiffres et lettres : il est proposé au patient de commencer à partir de l'empan déterminé lors de l'évaluation initiale et de l'augmenter au fur et à mesure.

Séance n°20- Empan chiffres et lettres et reproduction envers de séries de gestes.

Empan de chiffres et lettres : augmentation de l'empan.

Reproduction envers de séries de gestes : augmentation du nombre de gestes.

Séance n°21- MOV.

Augmentation de la longueur des mots présentés.

Séance n°22- Reproduction envers de série de gestes et questionnaire n-2.

Reproduction envers de séries de gestes : augmentation du nombre de gestes.

Questionnaire n-2 : augmentation de la longueur des questions et des réponses.

Séance n°23- Série de manipulations à l'envers et phrases : donner un mot sur deux.

Série de manipulations à l'envers : Il est proposé au patient de reproduire une série de manipulation en sens inverse sur un Rubik's Cube® .

Phrases : donner un mot sur deux : Les phrases données sont de six mots pour commencer et leur

longueur est augmentée au fur et à mesure de l'exercice jusqu'à 10 mots.

Séance n°24- Catégorisation et séries de symboles à reproduire à l'envers.

Catégorisation : Il est proposé au patient de commencer par trois éléments et d'augmenter au fur et à mesure de l'exercice.

Série de symboles à reproduire à l'envers : les séries proposées vont de quatre à six éléments.

Contenu des exercices :

Catégorisation :

catégories proposées : fleur, légume, fruit, moyen de transport, instrument de musique, vêtement, meuble, animal, bijou, vaisselle

cheval, courgette, fraise

table, abricot, voiture

bol, poivron, guitare

lit, assiette, pantalon

souris, raisin, chemise

tasse, piano, train, aubergine

groseille, armoire, flûte, chat

chaussettes, bracelet, chameau, tulipe

éléphant, cerise, chaise, autocar

trompette, commode, marguerite, chou

assiette, poire, fauteuil, tambourin, jaune

Iris, céleri, castor, étagère, bleu

rouge, avion, orchidée, pull-over, saxophone

myrtille, coquetier, escargot, bague, concombre

collier, harpe, hibou, canapé, nénuphar

Empan envers de chiffres :

954

869

140

852

6053

0438

6421

2740

5197

38329

97042

60183

75296

32935

204675

176208

439751

068352

375061

0569827

2094831

7419106

8325601

9218463

18549326

79563412

05972481

68423719

84627153

Le chiffre qui manque :

1 4 2

2 4 3

431
5312
3245
4123
1542
35416
64132
23615
41532
64523
756324
265341
321647
571364
613257
417632
756324
265341
321647
571364
613257
417632
8534126
7634218
5341786
4317256
2487563
4785361
6821745
14769238
69743182
21894756
85634927
62158437

Empan chiffres et lettres

A 4 D

G 6 E

U 7 C 3

K 3 R 9

F 8 L 2

S 6 H 5

8 T 3 J 4

6 M 8 E 2

9 I 3 D 1

7 H 5 Y 6

P 1 R 7 E 9

L 8 Q 5 B 4

F 4 B 3 H 8

M 1 J 3 P 7

G 1 Y 4 K 3 S

B 5 R 2 C 4 E

Z 3 M 6 Q 7 G

W 2 H 5 Z 6 J

Questionnaire n-1 et n-2:

Questions courtes:

En quel mois sommes-nous?

Quelle est la couleur du ciel?

Dis-moi le nom d'un pays d'Europe

Qu'est-ce que tu as mangé hier soir?

Cite-moi 3 noms d'animaux?

Ton actrice ou acteur préféré?

2 marques de voitures?

Ta date de naissance?

6 + 3 + 5?

Le contraire de grand?

3 noms de vêtements?

Quel est ton sport préféré?

$7+5 - 2?$

En quelle année sommes-nous?

Le contraire de gros?

Quelle est la capitale de la France?

Cite-moi deux noms de poissons?

La date d'aujourd'hui?

En quel mois sommes-nous?

Quelle est la couleur du ciel?

Questions longues:

J'aimerais que tu me cites au moins 4 couleurs de l'arc-en-ciel.

Donne-moi quatre ingrédients nécessaires à la réalisation d'une tartiflette.

J'aimerais que tu me cites 5 noms de poissons.

Qu'as-tu mangé en plat principal et en dessert hier midi.

J'aimerais que tu me donnes le résultat du calcul suivant: $6+4-5$.

Cite-moi les noms de 4 grands monuments parisiens.

Donne-moi ta date et ta ville de naissance.

Dis-moi le contraire de géant et le contraire de méchant.

Donne-moi 4 noms de professions qu'on peut trouver dans un hôpital.

J'aimerais que tu me donnes le résultat du calcul suivant: $100 \times 2 + 7$.

J'aimerais que tu me cites 5 noms de sports qui nécessitent une balle ou un ballon.

Je voudrais que tu me dises 5 capitales de pays européens.

J'aimerais que tu me donnes le résultat du calcul suivant: $50 \times 4 - 12$.

J'aimerais que tu me trouves 3 noms de pierre précieuses.

Dis-moi tes trois plats préférés dont au moins un de sucré.

Donne-moi un synonyme de content et un synonyme de calme.

J'aimerais que tu me cites 5 choses dont tu as besoin à l'école.

J'aimerais que tu me donnes le résultat du calcul suivant: $12:4 + 7$.

J'aimerais que tu me cites 4 marques de voitures.

Donne-moi tous les ingrédients pour faire une bonne tarte aux pommes.

J'aimerais que tu me cites 4 personnages de dessin animé.

J'aimerais que tu me cites au moins 4 couleurs de l'arc-en-ciel.

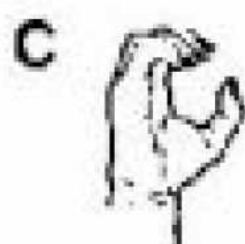
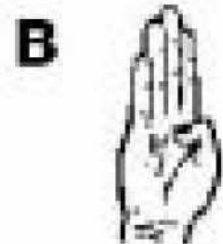
Donne-moi tous les ingrédients nécessaires à la réalisation d'une ratatouille.

J'aimerais que tu me cites 5 noms de mammifères.
Qu'as-tu mangé en plat principal et en dessert hier midi.
J'aimerais que tu me donnes le résultat du calcul suivant: $6+4-5$.
Cite moi le nom de 4 grandes villes françaises.
Donne-moi ta date et ta ville de naissance.
Dis moi le contraire de petit et le contraire de gentil.
Donne-moi 4 noms de professions qu'on peut trouver dans un collège.
J'aimerais que tu me donnes le résultat du calcul suivant.
J'aimerais que tu me cites 5 noms de sports qui nécessitent un filet.
Je voudrais que tu me dises le noms de 5 pays européens.
J'aimerais que tu me trouves 3 noms d'ustensiles de cuisine.
J'aimerais que tu me donnes le résultat du calcul suivant: $50 \times 6 - 13$.
Dis-moi tes trois boissons préférés dont au moins une de chaude.
Donne-moi un synonyme de gros et un synonyme de froid.
J'aimerais que tu me cites 5 choses dont tu as besoin à l'école.
J'aimerais que tu me donnes le résultat du calcul suivant: $20+4 - 6$.
J'aimerais que tu me cites 4 chaînes de restaurant.
Donne-moi tous les ingrédients pour faire un bon gâteau chocolat.
J'aimerais que tu me cites 4 personnages de série télévisée.

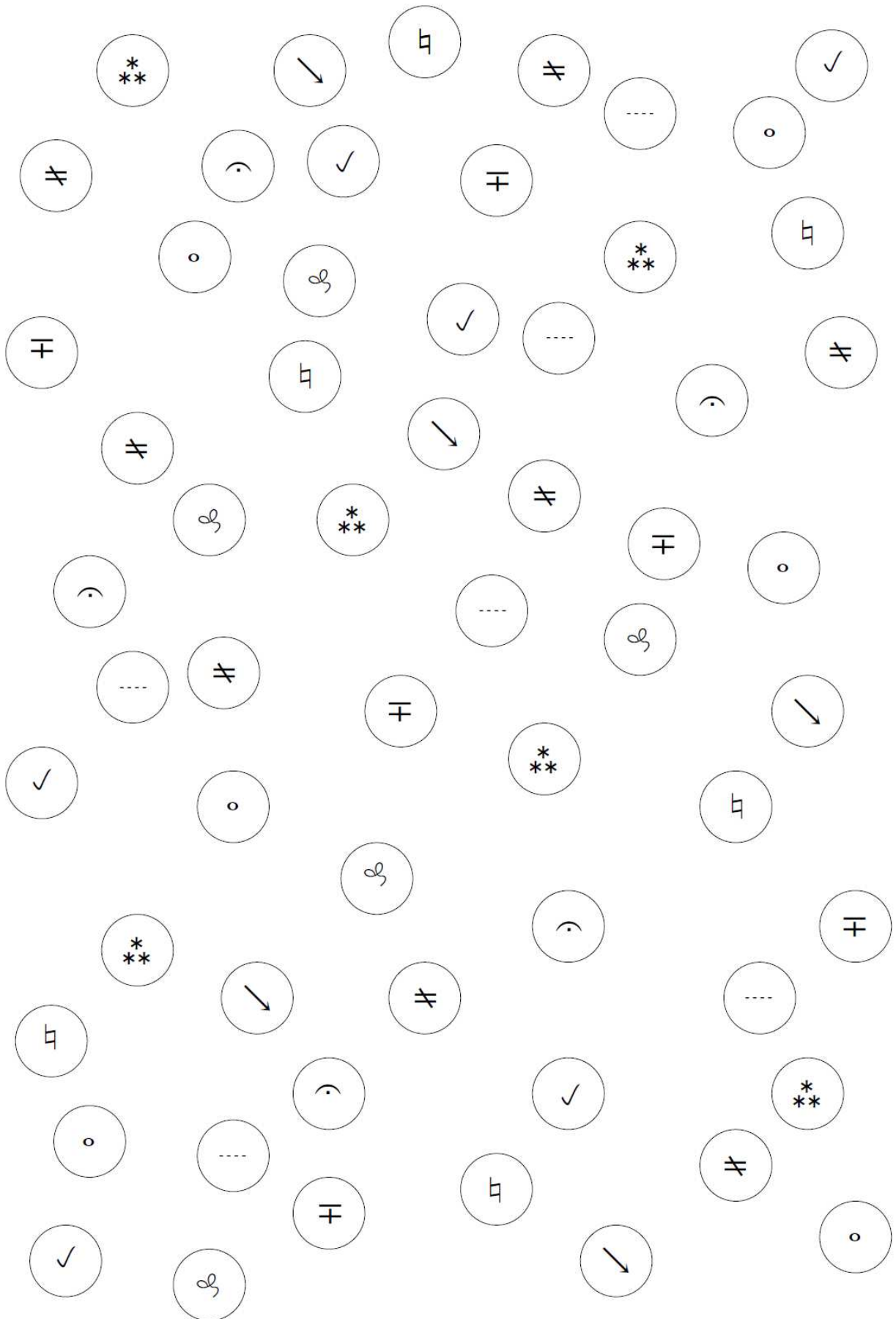
Phrases: un mot sur deux.

La soupe est sur la table.
Les chiens aboient dans le jardin.
Le plat de gratin est chaud.
Les lapins courent dans les champs verts et fleuris.
Lola a fait refaire les clés de son appartement.
La chatte et ses petits sont dans le panier.
Pour réussir ses examens, il faut beaucoup travailler.
Il va falloir opérer sa main pour arrêter la douleur.
On doit savoir où on va, pour pouvoir y aller.
Gabriel fait la queue pour acheter un café au lait.

Base pour la série de gestes à reproduire à l'envers: l'alphabet de Langue des Signes Française.



Parcours de cibles envers de niveau 2:



Résumé: Les troubles des apprentissages du langage écrit ne dépendent pas du niveau intellectuel du sujet : les enfants à haut potentiel peuvent donc en être atteints, mais ont des particularités cognitives dont il convient de tenir compte. En effet, ces enfants auraient des capacités spécifiques en termes de transfert des compétences et des apprentissages

La mémoire de travail a un rôle clé dans le langage écrit au niveau de la lecture, de la compréhension de la lecture, de la production écrite et de l'orthographe.

Partant de ces constats, cette étude émet l'hypothèse qu'un entraînement spécifique de la mémoire de travail chez des enfants précoces atteints de troubles des apprentissages du langage écrit pourrait avoir un impact sur ces derniers. Notre étude concerne deux enfants à haut potentiel ayant bénéficié d'un entraînement de la boucle audio-phonatoire et du calepin visuo-spatial.

Les résultats de l'étude montrent une amélioration des performances en mémoire de travail ainsi qu'une influence positive de cette évolution dans différents domaines du langage écrit : l'orthographe d'usage, l'orthographe morphosyntaxique et la compréhension de lecture dans des proportions moindres.

Mots clés: mémoire de travail, dyslexie, dysorthographe, précocité, entraînement de la mémoire de travail, transfert de compétences, intelligence, calepin visuo-spatial

Summary: Learning disorder of written language does not depend on the intellectual level of the subject: children with high potential can thus be achieved, but whose cognitive peculiarities should be taken into account. Indeed, these children have specific capabilities in terms of skills transfer and learning.

Working memory has a key role in written language in terms of reading, reading comprehension, written production and spelling.

Based on these findings, this study hypothesizes that specific training of working memory in children with high potential and learning disorders of written language may have an impact on it. Our study concerns two children with high potential who have received training in audio-phonatory loop and visuospatial notebook. The study results show improved performance in working memory and a positive influence of these developments in different areas of written language: spelling and reading comprehension in proportions lower.

Key-words : working-memory, dyslexia, working memory, high potential, training of working memory, transfer of skills, intelligence, visuospatial notebook.