

Accès au langage écrit et psychomotricité : effets d'une intervention psychomotrice axée sur les compétences temporelles sur l'apprentissage de la lecture et ses troubles

Daniel Pereira

▶ **To cite this version:**

Daniel Pereira. Accès au langage écrit et psychomotricité : effets d'une intervention psychomotrice axée sur les compétences temporelles sur l'apprentissage de la lecture et ses troubles. Education. Université Sorbonne Paris Cité, 2018. Français. NNT : 2018USPCB132 . tel-02519587

HAL Id: tel-02519587
https://theses.hal.science/tel-02519587

Submitted on 26 Mar 2020

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

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

Université Paris Descartes

ED 180 – Sciences Humaines et Sociales : Cultures, Individus, Sociétés

EA 4071 EDA : Education, Discours, Apprentissages

Accès au langage écrit et Psychomotricité

Effets d'une intervention psychomotrice axée sur les compétences temporelles sur l'apprentissage de la lecture et ses troubles

Par **Daniel PEREIRA**

Thèse de doctorat de Sciences de l'Education

Dirigée par **Sandra Jhean Larose**, Professeure des Universités (Directrice) et **Laetitia Boulc'h**, Maîtresse de Conférences (Co-Directrice)

Présentée et soutenue publiquement le 26 novembre 2018, devant un jury composé de :

Jhean-Larose Sandra, Professeure des Universités, Université Paris Descartes, Directrice de Thèse

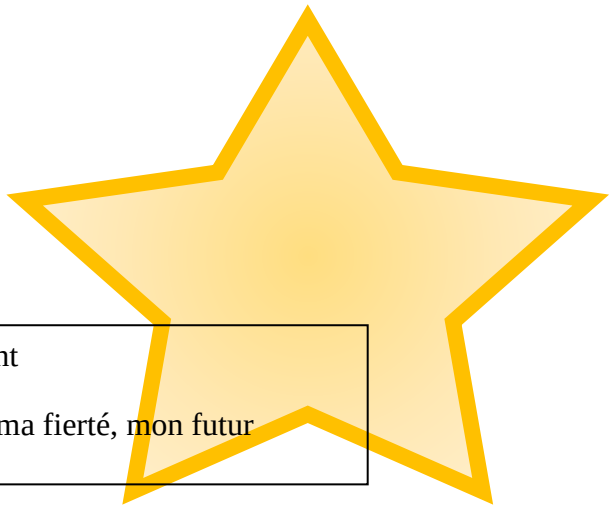
Casalis Séverine, Professeure des Universités, Université de Lille 3, Rapporteur

Provasi Joelle, Maitresse de Conférences, HDR, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Rapporteur

Boulc'h Laetitia, Maîtresse de Conférences, Université Paris Descartes, Membre du jury

Mégalakaki Olga, Professeure des Universités, Université d'Amiens, Membre du jury

Tijus Charles, Professeur des Universités, Université Paris 8, Membre du jury



A Aurélie… mon épouse, ma moitié, mon présent

A Lucas, Angèle et Simon, mes enfants, ma fierté, mon futur

Remerciements

Entreprendre ce travail de recherche, étendu sur 4 années, n'aurait pu se faire sans la participation active ou plus distanciée d'un certain nombre de personnes.

Je remercie tout d'abord Mmes Jhean-Larose et Boulc'h pour leur confiance, pour avoir encadré cette thèse et soutenu mon projet de recherche, pour avoir aiguillé ma réflexion et étayé mes démarches expérimentales.

Je remercie l'ensemble des professionnels de l'Education Nationale (inspecteur d'Eure et Loir et inspecteurs de la circonscription de Dreux, directeurs d'établissement, et enseignants) qui m'ont permis d'accéder à la cohorte d'enfants ayant participé au premier protocole de recherche.

Je remercie la direction du Centre Médico Psycho-Pédagogique (CMPP) de Dreux pour avoir autorisé la mise en place du protocole expérimental sur la population d'enfants dyslexiques accueillis au CMPP.

Je remercie l'ensemble des enfants ayant participé aux expérimentations proposées.

Je remercie toutes les personnes ayant eu la charge de relecture de cet écrit, tant pour leur commentaire réflexif que pour les corrections orthographiques.

Finalement, et non des moindres, je remercie tous ceux qui de près ou de loin m'ont soutenu dans ce travail de longue haleine. Merci à ma famille, et plus particulièrement à mon épouse, pour son soutien sans faille.

Résumé

Ce travail de recherche vise à rapprocher la psychomotricité de l'accès au langage écrit, tant dans une perspective développementale que pathologique, afin de formuler des hypothèses quant à de nouvelles pratiques pédagogiques et préventives (pour permettre de faciliter l'apprentissage de la lecture chez l'apprenti-lecteur), mais également rééducatives (afin de mieux remédier à ses troubles). L'approche théorique a permis de mettre en lien les compétences temporelles, avec la conscience phonologique et la lecture, mais également avec les fonctions cognitives et exécutives (mémoire et inhibition) communes à l'accès au langage écrit et aux compétences temporelles. En conséquence, les effets d'une intervention psychomotrice, basée sur le développement des compétences temporelles, sur l'accès au langage écrit, à la fois chez des enfants apprenti-lecteurs (protocole 1) et chez des enfants dyslexiques (protocole 2) sont questionnés.

Notre premier protocole expérimental concerne une étude longitudinale menée auprès de 61 enfants suivis de la moyenne section de maternelle jusqu'à la fin du cours préparatoire. Ces enfants ont été divisés en deux groupes, un groupe contrôle et un groupe expérimental, ayant reçu un entrainement psychomoteur aux compétences temporelles en MSM et GSM. Par l'intermédiaire des résultats des enfants du groupe de contrôle, nous avons mis en évidence les relations entre le rythme, les compétences en lien avec l'accès au langage écrit, la mémoire et l'inhibition, en moyenne section et en grande section de maternelle. En outre, notre analyse a permis de mettre en évidence les valeurs prédictives du rythme sur les compétences en préfecture en maternelle et en lecture au CP. Finalement, nous avons pu comprendre les bénéfices de l'entrainement psychomoteur sur la conscience phonologique et l'inhibition, en comparant l'évolution des compétences des enfants ayant reçu l'entrainement rythmique, aux enfants du groupe contrôle. Le second protocole a été réalisé auprès de 10 enfants, âgés de 9 à 12 ans présentant une dyslexie développementale à prédominance phonologique. Il leur a également été proposé un entraînement psychomoteur, mais cette fois-ci en individuel. Le protocole mis en place été composé de quatre évaluations espacées chacune de 10 semaines. La période entre la première et la seconde évaluation a servi de période témoin, tout comme la période entre la 3ème et la 4ème évaluation. Entre la 2nde et la 3ème évaluation, les enfants ont reçu en individuel un entrainement psychomoteur (période expérimentale). L'évolution des enfants dyslexiques sur la période expérimentale est comparée à leur propre évolution sur les périodes contrôle.

L’analyse des résultats dégage l’intérêt des pratiques liées à l’éducation psychomotrice pour faciliter l’apprentissage de la lecture, notamment pour le développement de la conscience phonologique et de l’inhibition, tout comme l’intérêt de la rééducation psychomotrice de la dyslexie.

Mots clefs : rythme, lecture, conscience phonologique, dyslexie, fonctions exécutives, psychomotricité

Abstract

This research aims to link psychomotor therapy closer to reading development in order to put forward new educative practices (to facilitate the development of reading abilities), and also rehabilitative methods (to remedy developmental dyslexia). The theoretical framework link temporal skills, and especially rhythmic skills, phonological awareness and reading, but also cognitive and executive functions, like short term memory and inhibition, which are important for reading development and psychomotricity. Consequently, the effects of a psychomotor intervention based on the development of temporal skills on reading abilities, in preschoolers (experimentation 1) and in dyslexic children (experimentation 2) were tested.

Experimentation 1 was conducted with 61 children followed for three years, from de second years of kindergarten until the end of the first grade. These children were divided into two groups, a control and an experimental group, who received psychomotor training with temporal skills in kindergarten. Through the results of children in the control group, we analyzed the interactions between rhythm, skills related to reading development, memory and inhibition in kindergarten. In addition, our analysis put forward the predictive values of rhythm skills on reading skills in kindergarten and first grade. Finally, we were able to understand the effects of psychomotor training on phonological awareness and inhibition, by comparing reading and cognitive skills evolution of children (control versus experimental group). Experimentation 2 was conducted with 10 children (9 to 12 years old) with diagnosis of developmental dyslexia. The protocol consisted on four test sessions each spaced of 10 weeks. The period between the first and the second test served as a control period, as was the period between the 3rd and the 4th test. Between the 2nd and the 3rd evaluation, the children received individually a psychomotor training (experimental period). The evolution of dyslexic

children over the experimental period was compared to their own evolution over the two control periods.
Finally, we suggest the interest of practices related to psychomotor education to facilitate the development of reading abilities, especially on phonological awareness and inhibition development, as well as the interest of psychomotor therapy to help on dyslexia's remediation.

Key word: rhythm, reading development, phonological awareness, dyslexia, executive functions, psychomotor therapy

Sommaire

Introduction 1

Chapitre 1 : La lecture 5

1. Introduction : du langage oral au langage écrit 5

1.1. L'écriture pour coder le langage oral 5

1.2. Définir la lecture 6

2. Reconnaître le mot écrit 7

2.1. Les deux voies de reconnaissances des mots 7

2.2. Modéliser l'apprentissage de la lecture 11

2.3. Médiation phonologique et mise en place des voies de lecture 14

3. Les compétences mises en jeu dans l'activité de lecture 17

3.1. Compétences perceptives : audition et vision 17

3.2. Les compétences cognitives 18

1.2.1. La mémoire de travail 19

1.2.2. La mémoire à court terme phonologique 20

1.2.3. Les fonctions exécutives : rôle de l'inhibition 21

1.2.4. L'attention 23

1.2.5. Habiletés cognitives et lecture 23

3.3. Les compétences lexicales et phonologiques 27

3.3.1. Les connaissances des lettres de l'alphabet 27

3.3.2. La conscience phonologique 29

3.3.2.1. Le développement de la conscience phonologique 29

3.3.2.2. Facteurs en lien avec le développement de la conscience phonologique 30

3.3.2.3. Valeur prédictive de la conscience phonologique sur réussite en lecture 32

3.3.3. Dénomination rapide et automatique 33

3.4. Synthèse sur les compétences sous-jacentes à la lecture 33

4. Faciliter l'apprentissage de la lecture 35

4.1. La préparation en maternelle 35

4.2. Les entraînements « classiques » 36

4.3. Entrainer les habiletés cognitives 38

4.4. Conclusion sur les entraînements pour faciliter la lecture 40

5. Synthèse sur la lecture 41

Chapitre 2 : Éducation psychomotrice et accès au langage écrit.....43

1. Généralités sur la psychomotricité..... 43

1.1. Définition et compétences associées 43

1.2. Pratiques et techniques d'intervention en psychomotricité 45

1.2.1 Rééducation, thérapie et éducation psychomotrice 45

1.2.2 Techniques et médiation en psychomotricité 47

2. Education psychomotrice : histoire et fondement 48

2.1. Pratiques historiques en l'éducation psychomotrice..... 48

2.2. Fondement théorique de l'éducation psychomotrice..... 51

2.2.1 De l'expérience motrice à l'abstraction..... 51

2.2.2 Liens entre compétences psychomotrices, cognition et apprentissages scolaires . 55

3. Psychomotricité et apprentissage de la lecture 59

3.1. Définition psychomotrice de la lecture..... 59

3.2. Liens théoriques entre les compétences psychomotrices et la lecture 59

3.3. Education psychomotrice et lecture : les données empiriques 61

3.3.1. Education psychomotrice instrumentale et lecture 61

3.3.2. La pédagogie psychomotrice pour apprendre à lire..... 64

4. Conclusion sur l'éducation psychomotrice et la lecture..... 66

Chapitre 3 : Place de la structuration temporelle dans l'accès au langage écrit.....68

1. La structuration temporelle..... 68

1.1. Définir le temps et ses caractéristiques..... 68

1.2. Le rythme comme base de multiples temps..... 69

2. Le développement de la notion de temps chez l'enfant 70

2.1. Le rythme comme précurseur de l'intégration du temps 70

2.2. Le développement des compétences temporelles 71

2.2.1 L'ordre temporel..... 71

2.2.2 Perception et estimation des durées..... 72

2.2.3 Le rythme..... 72

2.2.4 La compréhension du temps objectif et anthropologique 73

3. Mécanismes psychologiques liés à la structuration temporelle 76

3.1. La notion de l'instant présent 76

3.2. La perception de l'ordre temporel 76

3.3. L'estimation des durées 77

3.4. La perception du rythme 79
4. Compétences temporelles et lien avec la psychomotricité 80
4.1. Les différentes tâches de nature temporelle 80
4.2. Temps et compétences psychomotrices 81
4.3. Faciliter l'intégration de la notion de temps en psychomotricité 83
4.4. Evaluation psychomotrice de la structuration temporelle 83
5. Structuration temporelle et activités langagières 85
5.1. Structuration temporelle et langage oral 85
5.1.1. La structure temporelle du langage oral 85
5.1.2. Rythme et reconnaissance des langues 86
5.2. Structuration temporelle et langage écrit 87
5.2.1. Notion d'ordre et langage écrit 87
5.2.2. Rythme et langage écrit 90
5.2.3. Comment la musique développerait-elle les compétences en lecture ? 96
6. Conclusion sur la place de la structuration temporelle dans l'accès au langage écrit .. 98

Chapitre 4 : Vers une rééducation psychomotrice de la dyslexie ? 100

1. Le trouble spécifique de l'apprentissage du langage écrit 100
1.1. Définition et critères de diagnostic 100
1.2. Expliquer l'origine de la dyslexie 102
1.3. Types de dyslexie, symptômes associés et incidence 103
1.4. Prise en charge traditionnelle de la dyslexie 106
1.4.1. Généralités sur la prise en charge en orthophonie 107
1.4.1.1. L'évaluation initiale des troubles 107
1.4.1.2. Prises en charge orthophonique de la dyslexie 107
1.4.2. Les logiciels informatisés 109
1.5. Synthèse sur la dyslexie 110
2. Psychomotricité et dyslexie 111
2.1. Sémiologie psychomotrice et dyslexie : place centrale du temps 111
2.2. Les théories non phonologiques pour expliquer la dyslexie 113
2.2.1. La théorie cérébelleuse 113
2.2.2. Théorie du déficit auditif de perception de l'ordre temporel 116
2.2.2.1. Le déficit de perception de l'ordre temporel 116
2.2.2.2. Traitements associés à la théorie temporelle 118
2.2.3. La dyslexie comme trouble des compétences cognitives 119
2.2.3.1. Le trouble de l'empan visuo-attentionnel 119

2.2.3.2. La dyslexie comme syndrome dysexécutif 120
2.2.3.3. Vers un traitement cognitif de la dyslexie 124
3. Structuration temporelle et dyslexie 126
3.1. Ordre temporel et dyslexie 126
3.2. Compétences rythmiques et dyslexie 127
4. Quelle rééducation psychomotrice pour la dyslexie aujourd'hui ? 133

Chapitre 5 : Conclusions de l'approche théorique 135

Chapitre 6 : Premier dispositif expérimental.....138

1. Le protocole expérimental 138
2. Recrutement de la population expérimentale 140
2.1. Démarches préalables 140
2.2. Effectif de l'étude et constitution des groupes 141
3. Mesures effectuées 143
3.1. Évaluation n°1 (pré-test) 144
3.1.1. Évaluation des compétences en prélecture. 144
3.1.2. Évaluation des compétences phonologiques 144
3.1.3. Évaluation des compétences rythmiques 145
3.1.4. Évaluation des compétences cognitives et exécutives 146
3.2. Post-test 1 146
3.3. Post-test 2 147
3.4. Post-test n°3 148
4. Les entraînements proposés 150
4.1. Entraînement 1 : Niveau MSM 150
4.2. Entraînement 2 : Niveau GSM 152
4.3. Liens théoriques entre les activités proposées par l'entraînement et l'activité de lecture 155
5. Résultats 158
5.1. Étude n°1 : liens entre rythme, habiletés cognitives et compétences prérequises à la lecture en maternelle 158
5.1.1. Analyse corrélative des résultats obtenus en début de moyenne section de maternelle 159
5.1.1.1. Données descriptives 159
5.1.1.2. Analyse corrélative au début de moyenne section de maternelle 160
5.1.2. Analyse corrélative des résultats obtenus en fin de moyenne section de maternelle 162

5.1.2.1. Données descriptives 162
5.1.2.2. Analyse corrélative en fin de moyenne section de maternelle 163
5.1.3. Analyse corrélative des résultats obtenus en fin de grande section de maternelle 164
5.1.3.1. Données descriptives 164
5.1.3.2. Analyse corrélative en fin de grande section de maternelle 165
5.1.4. Discussion intermédiaire des résultats 167
5.1.5. Analyses corrélatives partielles 171
5.1.5.1. En fin de MSM 171
5.1.5.2. En fin de GSM 171
5.1.5.3. Discussion de l'analyse des corrélations partielles 172
5.1.6. Conclusion de l'étude n°1 173
5.2. Étude n°2 : valeurs prédictives du rythme et de l'inhibition sur les compétences en lien avec l'accès au langage écrit. 174
5.2.1. Transformation des variables et sélection de l'échantillon 174
5.2.2. Analyse corrélative 175
5.2.3. Analyses de régression linéaire 177
5.2.3.1. Fin de moyenne section de maternelle 177
5.2.3.2. Fin de grande section de maternelle (GSM). 178
5.2.4. Discussion des analyses de régression 179
5.2.5. Conclusion de l'étude n°2 179
5.3. Étude n°3 : effet d'un entrainement psychomoteur sur les compétences en lien avec la lecture en maternelle 180
5.3.1. Résultats obtenus aux pré-tests et comparaison des moyennes 180
5.3.2. Évolution des groupes après le premier entrainement 182
5.3.2.1. Calcul des variables « évolution 1 » 182
5.3.2.2. Comparaison des moyennes d'« évolution 1 » 184
5.3.2.3. Comparaison des résultats obtenus à l'épreuve des processus phonologiques 186
5.3.3. Évolution des enfants après le second entraînement 186
5.3.3.1. Création des variables « évolution 2 » 186
5.3.3.2. Comparaison des moyennes d' « évolution 2 » 188
5.3.3.3. Comparaison des résultats à l'épreuve de prélecture 192
5.3.4. Évolution des compétences sur les deux années d'entrainement 192
5.3.4.1. Création des variables « Évolution globale » 192
5.3.4.2. Comparaison des moyennes d' « évolution globale » 194
5.3.5. Comparaison des performances en fin de CP 195
5.3.6. Discussion des résultats de l'étude n°3 196
5.3.7. Conclusion de l'étude n°3 201

6. Discussion et conclusions apportées par le premier dispositif expérimental 201

Chapitre 7 : Second dispositif expérimental.....205

1. Protocole expérimental 205
2. Recrutement de la population expérimentale 207
3. Mesures effectuées 209
3.1. Compétences en lecture 209
3.2. Evaluation de la conscience phonologique 210
3.3. Epreuve de répétition verbale 210
3.4. Evaluation des compétences rythmiques 211
3.5. Evaluation de la mémoire à court-terme, de travail et de l'inhibition 211
4. L'entrainement proposé 213
4.1. Les activités 213
4.2. Effets attendus de l'entrainement rythmique sur les compétences des enfants dyslexiques 216
5. Résultats 217
5.1. Traitements des données 217
5.2. Etude des effets d'un entrainement temporel sur les compétences des enfants dyslexiques 218
5.2.1. Résultats 218
5.2.1.1. Evolution des compétences rythmiques 218
5.2.1.2. Evolution des performances en lecture 220
5.2.1.2.1. Evolution de la fluence en lecture (NMLC) 220
5.2.1.2.2. Evolution des résultats en lecture de mots 221
5.2.1.2.3. Epreuve de lecture phonologique 222
5.2.1.3. Evolution des performances en répétition de non mots 223
5.2.1.4. Evolution des compétences en conscience phonologique 224
5.2.1.4.1. Epreuve d'identification de rimes 224
5.2.1.4.2. Epreuve de suppression syllabique 225
5.2.1.4.3. Epreuves liées à la conscience phonémique 226
5.2.1.5. Evolution de la mémoire et de l'inhibition 228
5.2.1.5.1. Evolution des performances à l'épreuve d'inhibition 229
5.2.1.5.2. Evolution des résultats en mémoire 230
6. Discussion des résultats du second dispositif expérimental 230
7. Conclusion du second dispositif expérimental 231

Discussion générale et conclusions 233

Annexes 243

Références bibliographiques.....328

Table des illustrations 328

1. Figures 349

2. Tableaux 351

Introduction

Le succès de l'apprentissage de la lecture est fondamental, non seulement à la réussite du parcours scolaire de l'enfant, mais plus généralement à la pleine participation sociale et professionnelle de l'adulte. Il s'agit sans doute de la raison pour laquelle la lecture et la dyslexie sont un vaste champ de recherche.

Lire est en réalité une activité aux multiples dimensions et composantes. En fonction du regard avec lequel on l'aborde, la lecture peut tout d'abord être définie comme une activité langagière, qui permet la communication et la transmission de l'information, en transposant le langage oral vers une forme graphique. Il est par ailleurs possible de la décrire comme une activité cognitive, complexe et spécifique du traitement des unités linguistiques. Finalement, et comme il le sera exposé au cours de ce travail, la lecture peut également être envisagée comme une activité perceptivo-motrice, ou psychomotrice, qui transforme une succession de symboles disposés dans l'espace en unités sonores temporellement organisées (Giasson, 2013 ; Rigal, 1996 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013).

C'est dans cette perspective plurielle que s'est développé ce travail de recherche. Il s'agira en effet de rapprocher l'accès au langage écrit de la psychomotricité, que cela soit dans une perspective développementale (c'est-à-dire, chez l'enfant apprenti-lecteur) ou pathologique (chez les enfants présentant un trouble spécifique de l'apprentissage du langage écrit [TASLE] ou dyslexie de développement). Ce travail permettra ainsi de formuler des hypothèses quant à de nouvelles pratiques, tout d'abord dans un versant pédagogique et préventif pour permettre de faciliter l'apprentissage de la lecture, mais également rééducatif pour mieux remédier à ces troubles.

La psychomotricité est une discipline paramédicale dont les pratiques actuelles, éclectiques, voire parfois divergentes, sont le reflet d'un développement historique pluridisciplinaire (Fauché, 1994). D'une manière générale, elle peut être définie comme une technique rééducative, éducative et thérapeutique, utilisant le corps comme instrument pour résoudre les troubles qualifiés de perceptivomoteurs, c'est à dire qui perturbent « *l'action psychologique* » (Corraze, 2010, p.19) de l'individu dans son adaptation à son environnement.

Dès les années 1950, la psychomotricité s'est intéressée aux apprentissages scolaires et aux enfants qui échouaient dans le cadre de l'école. Le développement de la discipline fut alors marqué par un courant qualifié d'intellectualiste par Fauché (1994) ou de psychopédagogique par Le Roux (2005). Il s'agit du courant de l'éducation psychomotrice, qui, rejetant le dualisme corps-psyché, a mis en avant l'intérêt de l'expérience corporelle et de l'activité perceptivo-motrice comme médiations, voire prérequis, à l'accès aux apprentissages scolaires fondamentaux. Dans ce cadre, une place particulière sera attribuée à la structuration temporelle, compétence psychomotrice définie comme la capacité à percevoir, s'orienter et comprendre les relations entre les stimuli dans le temps (Da Fonseca, 2007; Vaivre-Douret, 2006a). Celle-ci est considérée, avec la structuration spatiale, comme une compétence fondamentale pour les apprentissages scolaires par la pensée psychomotrice.

Ainsi, l'objectif principal de ce présent travail de recherche est de déterminer le rôle possible de la psychomotricité dans l'accès au langage écrit. Il s'agira de savoir si une intervention psychomotrice en maternelle, basée sur l'entraînement spécifique de certains domaines, pourrait stimuler, chez les élèves tout-venant, les compétences prérequises à la lecture, et ainsi leur permettre d'accéder plus facilement au langage écrit lors de son apprentissage formel en cours préparatoire (CP). Plus précisément, la structuration temporelle va progressivement être rapprochée de l'activité de lecture permettant de formuler des hypothèses quant aux bénéfices possibles d'un entraînement temporel pour l'accès au langage écrit, et notamment pour le développement de la conscience phonologique. D'une part, ce rapprochement, déjà effectué en 1951 par Stambak, reste une question encore ouverte et débattue, comme le montre la littérature actuelle (David, Wade-Woolley, Kirby, et Smithrim, 2007; Habib et al., 2013; Huss, Verney, Fosker, Mead, et Goswami, 2011) qui continue à établir le lien étroit entre les compétences musicales, rythmiques et les compétences en lien avec la lecture (conscience phonologique, décodage).

En parallèle, et à la vue des hypothèses formulées concernant l'enfant tout venant, les éventuels bénéfices d'une rééducation psychomotrice spécifique au service des enfants présentant des difficultés durables dans l'apprentissage de la lecture seront également évalués.

Pour ce faire, l'approche théorique présentera dans un premier temps une synthèse des principales connaissances concernant de l'accès au langage écrit chez l'enfant tout venant (chapitre 1). L'activité de lecture y sera définie et les mécanismes de reconnaissance des mots présentés. Les compétences susceptibles d'influencer son développement seront explicitées. Dans le cadre de cette thèse, un regard particulier sera ainsi porté à la conscience phonologique, considérée comme une compétence fondamentale pour l'activité de lecture, mais également à certaines habiletés cognitives comme la mémoire et l'inhibition. En effet, en plus d'être des compétences importantes pour accéder au langage écrit, nous remarquerons en aval que ces dernières pourraient expliquer les bénéfices de l'entraînement psychomoteur sur la lecture. Ce chapitre se conclura par des exemples d'entraînements développés pour préparer à la lecture et/ou faciliter son apprentissage.

Le chapitre 2 mettra l'accent sur l'éducation psychomotrice. La discipline psychomotrice sera tout d'abord présentée d'une façon générale, avant de mettre en avant les pratiques éducatives spécifiques aux psychomotriciens. Puis, ce chapitre se référera aux liens entre la motricité et le développement cognitif, ainsi qu'à la question des compétences psychomotrices qui pourraient constituer des prérequis aux apprentissages scolaires, avant d'expliquer en quoi la lecture peut être considérée comme une activité psychomotrice. Finalement, une présentation de plusieurs études actuelles ayant mis en lien des entraînements perceptivomoteurs pour l'apprentissage de la lecture sera faite. L'avancée de la réflexion autour du lien potentiel entre la lecture et la psychomotricité conduira à l'étude plus approfondie de la structuration temporelle et de son lien avec l'accès au langage écrit.

Le chapitre 3 éclaircira le concept de structuration temporelle et le développement de la notion de temps chez l'enfant, avec un regard particulier sur les trois principales compétences temporelles, qui sont l'ordre, la durée et le rythme. Les mécanismes psychologiques en lien avec la perception du temps (plus précisément la perception de l'ordre, des durées et du rythme) seront ensuite évoqués. Après avoir décrit l'importance de la structuration temporelle dans la clinique psychomotrice (indication, prise en charge, évaluation), les liens déjà établis entre la structuration temporelle et les activités langagières (langage oral et langage écrit) seront ensuite présentés, pour constituer un faisceau d'arguments permettant de soulever l'hypothèse d'un lien entre les compétences temporelles et l'accès au langage écrit.

Pour finaliser cette approche théorique, le chapitre 4 permettra de mettre en avant l'hypothèse selon laquelle une remédiation psychomotrice pourrait être bénéfique aux enfants qui

présentent un trouble spécifique de l'apprentissage du langage écrit. Ainsi, le concept de dyslexie développementale sera décrit, puis ses différents sous types et son étiologie discutée. La sémiologie psychomotrice de l'enfant dyslexique sera présentée et mise en lien avec les différentes théories sensorimotrices qui pourraient rendre compte du trouble de l'accès au langage écrit. Les études ayant déjà mis en lien les compétences temporelles et les performances en lecture chez les dyslexiques seront finalement présentées.

Succèdera, en conclusion de l'encadrement théorique, la synthèse des différents arguments en faveur d'une intervention psychomotrice pour faciliter l'accès au langage écrit et la rééducation de ses troubles (chapitre 5). Ceci conduira à la formulation de différentes hypothèses de recherche, qui ont permis la construction de deux protocoles expérimentaux.

Le premier protocole expérimental a été mené auprès de 61 enfants tout-venant de maternelle, suivis longitudinalement de la moyenne section de maternelle (MSM) jusqu'à la fin du cours préparatoire (CP). Ces enfants ont été divisés en deux groupes, un groupe contrôle et un groupe expérimental. Le protocole a été ponctué par les phases d'évaluation (compétences en prélecture, conscience phonologique, rythme, inhibition) et des périodes d'entraînement psychomoteur en groupe classe, basé sur le développement des compétences temporelles pour le groupe expérimental. Ainsi, par l'intermédiaire de ce protocole, l'évolution des compétences des enfants entraînés a pu être comparée à celle des enfants non entraînés. De plus, les différentes interactions entre les compétences évaluées de la moyenne section de maternelle jusqu'au CP ont été mises en évidence.

Le second protocole a été réalisé auprès de 10 enfants, âgés de 9 à 12 ans présentant une dyslexie développementale à prédominance phonologique. Il leur a également été proposé un entraînement psychomoteur, mais cette fois-ci en individuel. Le protocole mis en place, similaire à celui utilisé par Habib et al. (2013) a permis de comparer l'évolution des enfants présentant une dyslexie sur trois périodes de 10 semaines chacune, alternativement sans intervention psychomotrice (période contrôle), avec une intervention psychomotrice (période test), et finalement sans intervention (période post-test).

Les résultats obtenus lors de ces protocoles seront ensuite exposés, analysés et interprétés, pour finalement répondre aux hypothèses de recherche et donner lieu à une discussion générale autour de la problématique du travail présenté.

Chapitre 1 : La lecture

1. Introduction : du langage oral au langage écrit

1.1. L'écriture pour coder le langage oral

L'écriture peut être entendue comme un système de symboles visuels ayant comme vocation de transcrire les langues orales (Bosse et Zagar, 2015). Si plusieurs systèmes d'écriture existent aujourd'hui, c'est parce que le langage oral peut être codé à ses différents niveaux structurels. Le langage oral se définit comme un signal acoustique, traité auditivement, mais fragmentable à plusieurs niveaux. Effectivement, le flux de parole se coupe en phrases et les phrases en mots. Ces derniers sont composés de syllabes, celles-ci étant elles-mêmes constituées par des phonèmes (Bosse et Zagar, 2015; Sprenger-Charolles et Colé, 2013). Les phonèmes constituent la « plus petite unité de la langue orale qui […] est transcrite par un graphème » (Sprenger-Charolles et Colé, 2013, p59). Par exemple, l'écriture idéographique chinoise transcrit le langage oral au niveau des mots ou morphèmes, c'est-à-dire des unités de la langue orale qui portent une valeur sémantique. L'écriture japonaise montre que les sons de la parole peuvent aussi être codés au niveau des syllabes, qui sont les unités du langage oral de taille intermédiaire et communément constituées de deux parties, l'attaque et la rime (Colé, 2012 ; Morais, 1994 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013). Un troisième type d'écriture utilise l'alphabet, c'est-à-dire un répertoire constitué d'un certain nombre de caractères visuels (les lettres) ayant la particularité de coder le langage parlé au niveau des phonèmes. C'est le cas du français qui est ainsi classé parmi les langages écrits dits alphabétiques.

Dans les écritures de type alphabétique, le graphème est « *l'unité de base […] composé d'une seule ou de plusieurs lettres* » (Sprenger-Charolles et Colé, 2013, p59). Dans ce cas, la lecture, qui sera définie plus explicitement en aval (section 1.2.), implique la compréhension du principe alphabétique et l'apprentissage des correspondances entre les graphèmes et les phonèmes (Ecalle et Magnan, 2010).

L'écriture a ainsi pour vocation de transcrire le langage oral à travers un système de symboles, qu'il faut savoir décoder pour accéder à la compréhension du message écrit. Ceci constitue déjà une définition de la lecture, qui va maintenant être détaillée.

1.2. Définir la lecture

La lecture s'opère donc en déchiffrant un code de symboles graphiques dans le but d'accéder au sens d'un message véhiculé. Dans cette perspective, le modèle simple de la lecture élaboré par Gough et Tunmer en 1986, et qui reste une référence pour la recherche, propose que celle-ci soit définie comme étant le résultat du produit entre deux compétences cognitives distinctes, à savoir les capacités de reconnaissance des mots et les compétences en compréhension orale (Ecalle & Magnan, 2002, 2010; Sprenger-Charolles & Colé, 2013). Elle peut ainsi être schématisée par l'équation L = R x C, ou « L » représente la lecture, « R » la reconnaissance des mots et « C » la compréhension orale. Néanmoins, comme le soulignent Cèbe et Goigoux (2007), le développement de la lecture ne dépendrait pas seulement des capacités de compréhension du langage oral. En effet, le langage écrit ayant des spécificités particulières en termes de syntaxe, de lexique ou d'organisation, il existerait également des mécanismes particuliers dans la compréhension du texte écrit qu'il faut prendre en compte pour décrire l'activité de lecture.

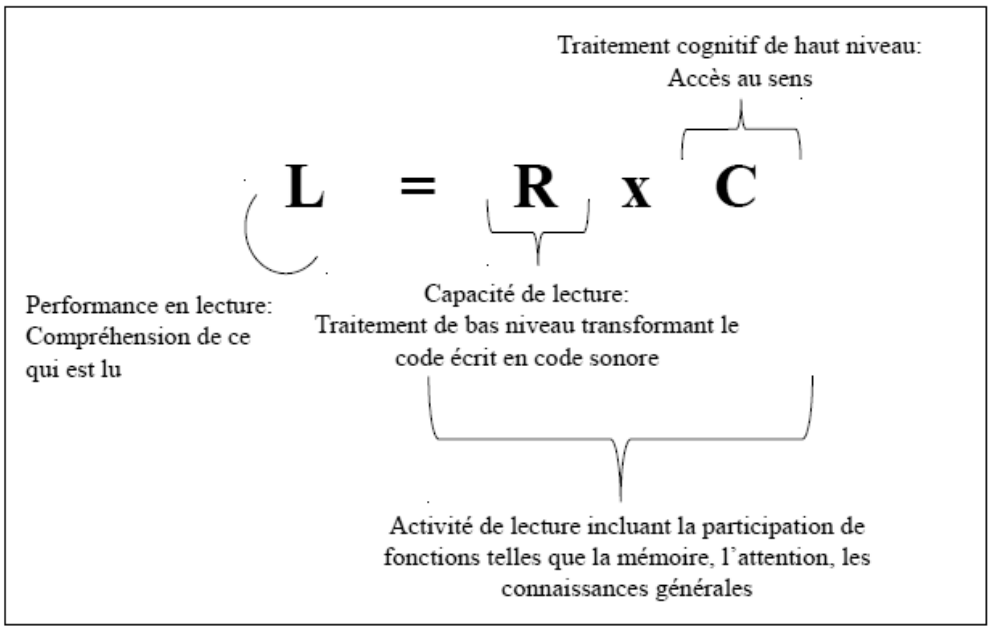


Figure 1 : Schéma de la lecture (L : lecture ; R : reconnaissance de mots ; C : compréhension) d'après le modèle simple de la lecture de Gough et Tunmer (1986).

La figure 1, ci-dessus, tente de synthétiser l'activité de lecture. Ainsi, celle-ci met en jeu deux mécanismes principaux, la reconnaissance de mots, ou capacités de lecture selon Morais

(1994), et la compréhension orale, renvoyant respectivement à des processus de bas et de haut niveau cognitif qui interagissent pour aboutir à la compréhension de ce qui est lu. La mise en œuvre de ces mécanismes se fait sous couvert de fonctions cognitives plus générales comme la mémoire, l'attention, la perception, le langage, ainsi que les connaissances générales, et les fonctions visuospatiales et sensorimotrices qui soutiennent à la fois la capacité spécifique à l'identification des mots, mais aussi la compréhension (Demont et Gombert, 2004; Morais, 1994; Plaza et Raynaud, 2007).

Même si l'objectif ultime de la lecture est l'extraction du sens, et que la reconnaissance des mots est considérée comme un processus cognitif de bas niveau, il semble fondamental de s'intéresser à ceux-ci. En effet, en plus d'être spécifiques à la lecture, des difficultés dans l'utilisation des mécanismes d'identification de mots causeraient des troubles importants et persistants en lecture, tant en déchiffrage qu'en compréhension, comme il le sera expliqué ultérieurement (voir chapitre 4), lorsque le trouble spécifique de la lecture sera abordé.

2. Reconnaître le mot écrit

2.1. Les deux voies de reconnaissances des mots

Les avancées des chercheurs en psychologie cognitive et en neuropsychologie concernant la compréhension et l'identification des mécanismes mis en œuvre dans la reconnaissance du mot écrit chez les lecteurs adultes experts, mais également les observations d'enfants et d'adultes présentant des troubles spécifiques de l'apprentissage de la lecture, ont permis de mettre en évidence l'existence de deux procédures distinctes utilisées pour lire un mot écrit. Celles-ci sont schématisées par les figures 2 et 3 (Dehaene, 2007 ; Delahaie, 2009 ; Morais, 1994 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013).

Il semble admis que, chez l'adulte expert, la lecture de pseudo-mots, définis par Morais (1994) comme des mots dépourvus de sens constitués d'une séquence de phonèmes respectant les règles phonotactiques de la langue, ou de mots qui lui sont encore inconnus serait possible grâce à un mécanisme de conversion graphophonémique. Il s'agit d'une procédure analytique d'identification des mots écrits qui dépend de l'application du principe alphabétique. On parle

alors de lecture par assemblage, utilisant la médiation phonologique. Qualifié également de décodage, ce mécanisme d'identification des mots pourrait en réalité servir à reconnaître n'importe quel mot, à l'exception des mots irréguliers, à savoir ceux qui ne respectent pas les règles générales des correspondances graphophonémiques. Dans cette procédure de lecture, l'accès au sens ne se ferait qu'après la récupération du résultat du recodage phonologique, c'est-à-dire de la conversion de l'ensemble des unités graphémiques en unités phonologiques par l'application du principe alphabétique (Colé, 2012 ; Dehaene, 2007 ; Desrochers, Kirby, et Thompson, 2008 ; Ecalle et Magnan, 2002 ; Morais, 1994 ; Sprenger-Charolles, Bechennec, et Lacert, 1998 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013).

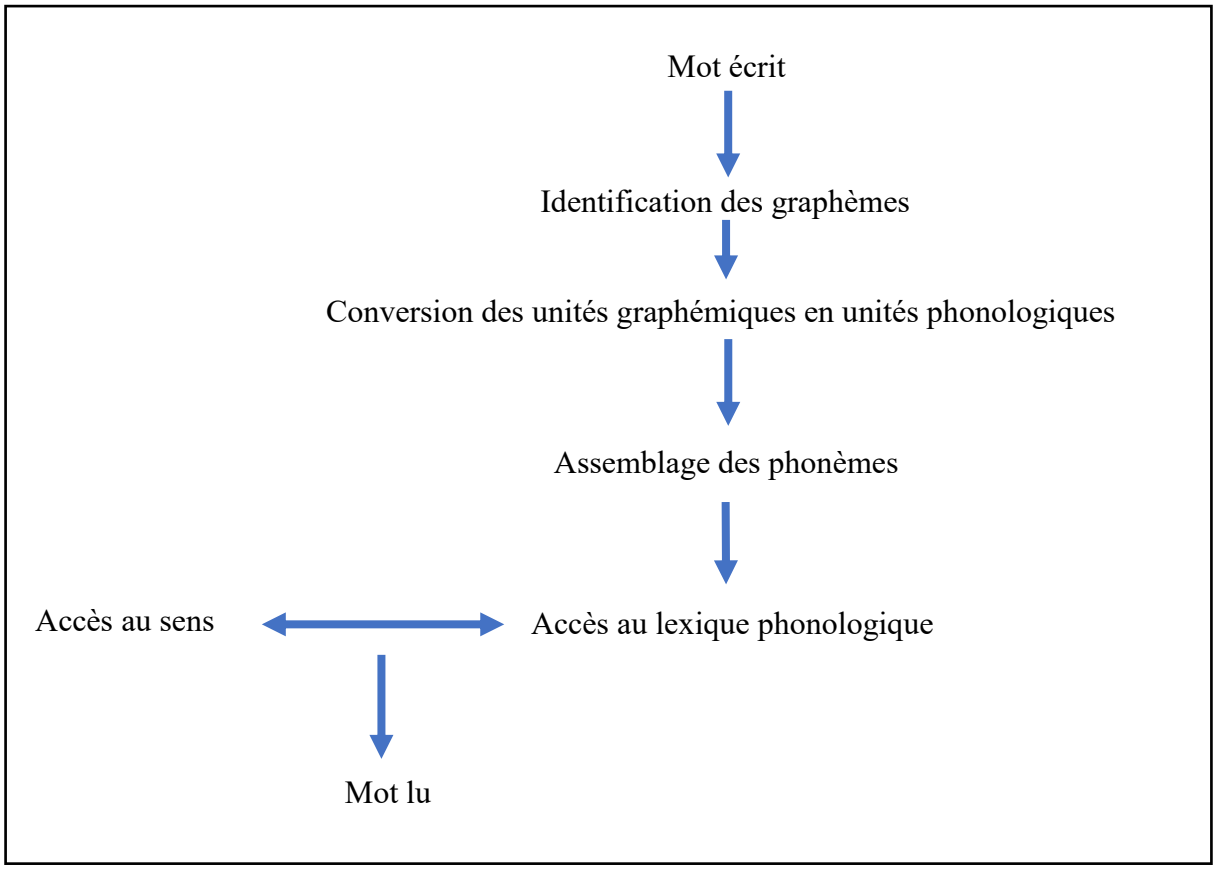


Figure 2 : Procédure de lecture par assemblage, selon Delahaie (2009) et Morais (1994).

Toutefois, il est admis que la reconnaissance de mots déjà connus et réguliers est plus rapide que celle des pseudo-mots, et que les mots irréguliers, dont la médiation phonologique ne peut assurer une lecture sans erreur, sont également reconnus sans difficulté (Van Hout et Estienne, 2003). Ces constats ont permis la compréhension de l'existence d'une seconde voie de lecture,

utilisant une procédure dite lexicale ou d'adressage, schématisée figure 3. Il s'agit d'une voie de reconnaissance globale des mots qui met directement en lien la représentation orthographique de celui-ci, stockée dans un lexique spécifique interne, avec sa représentation sémantique et sa correspondance phonologique (Colé, 2012 ; Dehaene, 2007 ; Desrochers et al., 2008 ; Morais, 1994 ; Sprenger-Charolles et al., 1998 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013). Il s'agit donc d'une procédure de lecture plus directe, et par conséquent, plus rapide.

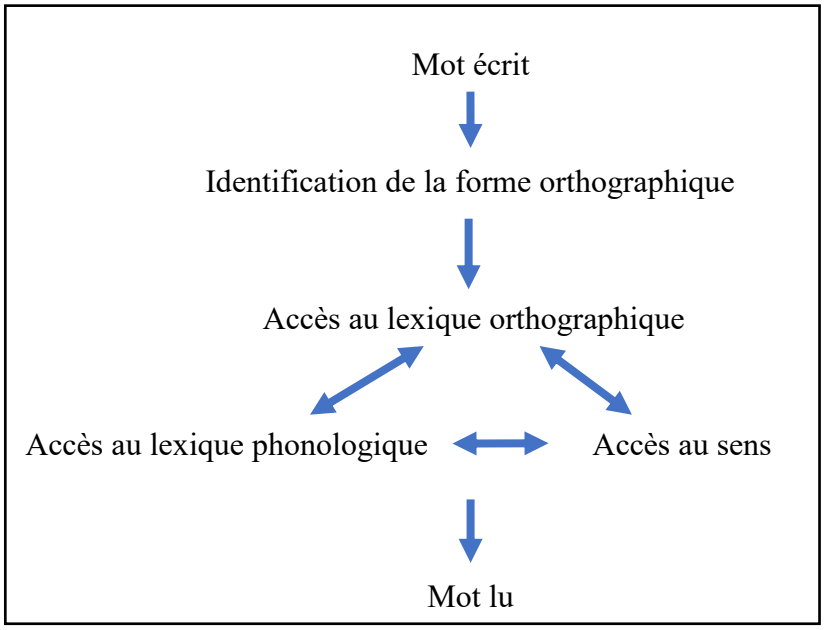


Figure 3 : Lecture par adressage, selon Delahaie (2009) et Morais (1994).

La mise en évidence de l'existence de ces deux procédures de reconnaissance des mots a permis le développement des modèles dits à doubles voies de lecture, notamment à travers les travaux de Coltheart (2005). En 1978, l'auteur est à l'origine d'un premier modèle à double voie simple qui décrit l'existence des deux procédures de reconnaissance des mots explicitées ci-dessus : la procédure de lecture lexicale permettant la lecture par activation du code orthographique, et la procédure de lecture non lexicale, utilisant la conversion graphophonologique. Par la suite, ce modèle a été retravaillé dans une perspective plus connexionniste (voir en aval les différents modèles de lecture), et a donné lieu au modèle à double voie en cascade (Coltheart, 2005) schématisé ci-dessous.

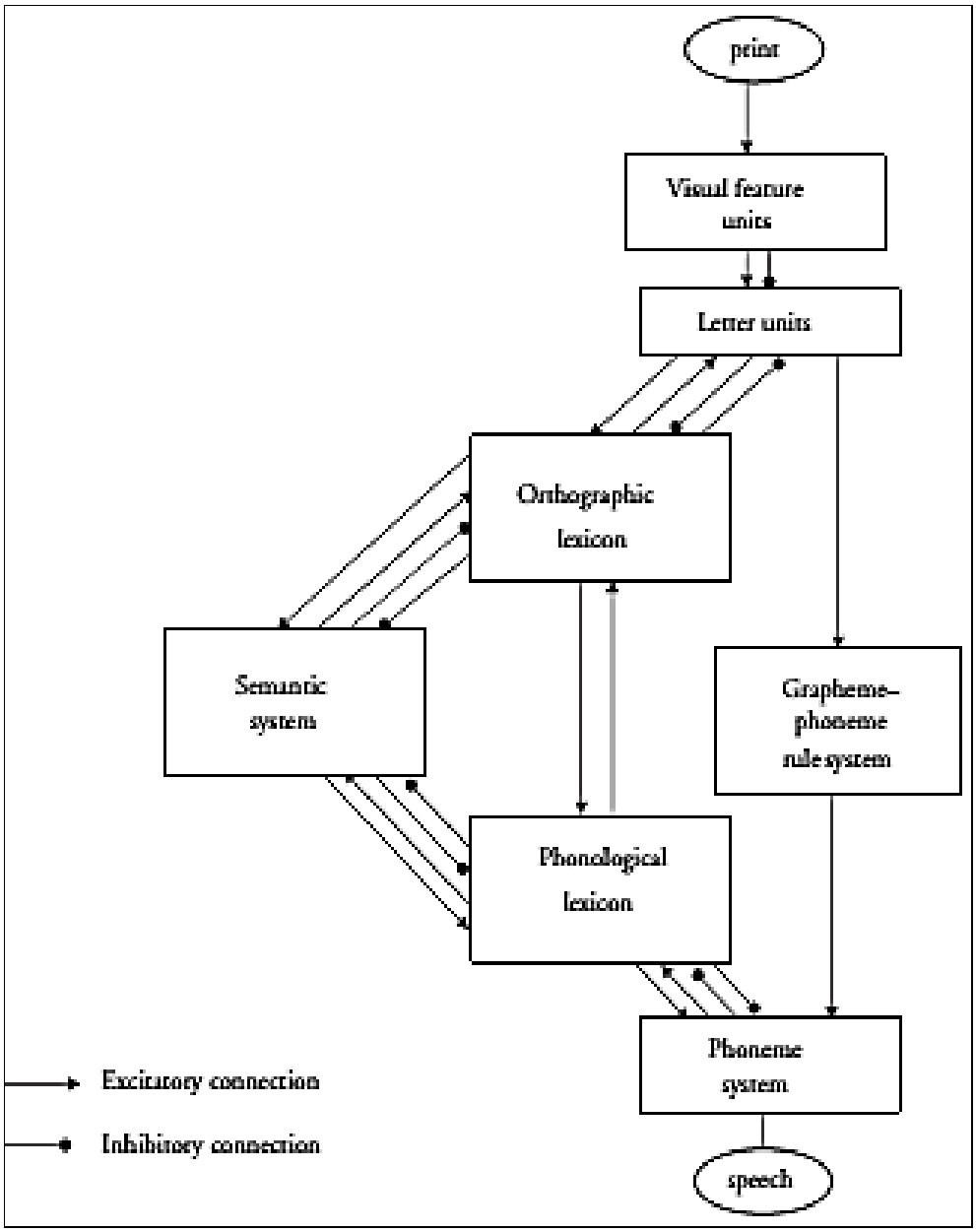


Figure 4 : Modèle de lecture à double voie en cascade d'après Coltheart (2005).

Le modèle à double voie en cascade de Coltheart (2005) propose ainsi d'intégrer une voie lexicale de reconnaissance des mots et une voie non lexicale. L'intérêt de ce modèle est d'inclure des connexions, soit excitatrices soit inhibitrices, entre les différents modules montrant la complexité des opérations mises en œuvre d'un point de vue cognitif. Par exemple, la reconnaissance des lettres du mot écrit va permettre l'activation spécifique dans le lexique orthographique de l'unité orthographique correspondante, et l'inhibition des autres formes, notamment orthographiquement proches. De plus, en ce qui concerne la voie lexicale, les liens entre les différents modules sont descendants et ascendants dans l'optique qu'un

module puisse recevoir des feedbacks du module suivant afin de consolider le traitement mis en place. Ainsi, lorsque la sélection faite par le module orthographique va activer une représentation phonologique, le lexique phonologique va lui aussi renvoyer des informations en retour vers le lexique orthographique pour renforcer les correspondances orthographiques et phonologiques.

En synthèse, la capacité de lecture résulte de deux mécanismes distincts, la procédure d'assemblage utilisant l'application analytique des règles de conversion graphophonologique, et la voie lexicale, permettant un accès direct au sens et au lexique phonologique par identification de la forme orthographique des mots. Ainsi, si la procédure lexicale est privilégiée pour son efficacité dans la reconnaissance des mots, la voie de conversion graphophonologique est indispensable pour lire les mots inconnus. Ces deux procédures de reconnaissance des mots, phonologique et lexicale, semblent, par leur spécificité, complémentaires chez le lecteur expert.

De ce fait, il est possible d'imaginer que la voie de conversion des graphèmes en phonèmes devrait être celle privilégiée initialement par l'apprenant-lecteur, puisque celui-ci est quasiment dépourvu de lexique orthographique. Cela peut être discuté en prenant en compte les principaux modèles d'apprentissage de la lecture.

2.2. Modéliser l'apprentissage de la lecture

Il ne sera pas ici question de décrire exhaustivement les différents modèles de lecture existants, mais de présenter certains d'entre eux, afin d'éclairer la compréhension de la mise en place des stratégies de lecture par l'apprenti-lecteur.

Il est possible de distinguer deux types de modèles de lecture : les modèles en stades ou développementaux, et les modèles connexionnistes. Les modèles en stades sont ceux qui ont pour objectif de rendre compte des différentes étapes de l'évolution des compétences des apprenti-lecteurs jusqu'à l'étape de la lecture experte. Par opposition, les modèles connexionnistes, qui ne résument pas l'apprentissage de celle-ci comme une suite d'étapes discontinues, tendent à préférer une description plus interactive des différentes composantes

de l'activité de lecture (Ecalle et Magnan, 2010 ; Morais, 1994 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013). S'il semble que les modèles connexionnistes décriraient plus précisément l'activité de lecture, le modèle princeps et stadiste de Frith (1985) reste une référence incontournable pour la recherche en lecture.

Selon Frith (1985), l'apprentissage de la lecture n'est pas un processus continu à travers lequel les compétences des enfants se développent progressivement. Il existerait des différences significatives dans le traitement du mot écrit, de l'enfant prélecteur au lecteur expert. Ainsi, l'auteur propose un modèle cognitif de l'apprentissage de la lecture selon lequel le jeune enfant passe par trois étapes (figure 5).



Figure 5 : Modèle d'apprentissage de la lecture (Frith, 1985).

Le développement des compétences en lecture s'amorce à partir de 3 ans, âge où l'enfant commence à pouvoir instantanément reconnaître des mots grâce à certaines caractéristiques visuelles, donc non linguistiques On parle alors de stade logographique ou pictural de lecture. Il ne s'agit donc pas d'une lecture proprement dite, comme le souligne Morais (1994) car l'enfant essaierait d'identifier des mots de la même manière qu'il reconnaît des objets. Dans cette première étape, aucune des deux voies de lecture présentées précédemment ne serait encore fonctionnelle. La lecture logographique ne prend en compte ni les lettres ni l'ordre de celle-ci dans les mots.

En conséquence, le stade logographique fait débat et questionne quant à la description des procédés permettant la reconnaissance des mots (voie visuosémantique ou visuophonologique ?). De la même manière, son implication dans la mise en place des deux voies de lecture semble encore être discutée (Dehaene, 2007 ; Demont et Gombert, 2004 ; Ecalle et Magnan, 2002, 2010 ; Gillet, Hommet, et Billard, 2000 ; Morais, 1994 ; Sprenger-

Charolles et Colé, 2013 ; Van Hout et Estienne, 2003).

Dans une seconde étape, le mot n'est plus considéré comme un tout global, mais fait l'objet d'un traitement séquentiel, de sa première jusqu'à sa dernière lettre. Chaque unité du langage écrit doit être analysée puis convertie en phonème, afin d'être assemblée en mot (Frith, 1985). Ainsi, à ce stade, l'enfant devient capable d'utiliser la médiation phonologique pour accéder au mot écrit, c'est pourquoi cette étape dépend de l'apprentissage et de la compréhension du principe alphabétique et va de pair avec le développement de la conscience phonologique de l'enfant, c'est-à-dire, le développement de ses compétences en analyse explicitée du langage oral (Morais, 1994). La seconde étape du modèle de Frith décrit donc la mise en place de la stratégie d'assemblage de la reconnaissance du mot.

Finalement, la reconnaissance globale, rapide et automatique des mots devient possible au cours d'un troisième stade, qualifié d'orthographique et qui renvoi à l'utilisation de la stratégie lexicale de lecture. Cette étape survient lorsque s'est mis en place un lexique orthographique qui permet d'accéder directement aux valeurs sémantiques et phonologiques du mot à identifier par l'extraction globale et visuelle de la forme du mot.

Dans le modèle de Frith, il semble admis que les trois étapes se succèdent dans le temps, et qu'ainsi l'utilisation de la procédure logographique précède la phase alphabétique. Lorsque la phase alphabétique se montre efficace, elle permet la mise en place de la stratégie orthographique. Le développement d'une stratégie dépendrait ainsi du bon développement de la précédente. Les relations entre les différentes stratégies sont séquentielles et unidirectionnelles. Il s'agit d'une des limites importantes des modèles en stades en général (Demont et Gombert, 2004).

Afin de pallier les limites des modèles en stades, Morais (1994) propose un modèle d'apprentissage, simple et plus interactif. Dans son modèle, les trois stratégies décrites par Frith sont intégrées, mais interagissent différemment. L'indépendance entre les stratégies logographique et alphabétique est admise. Les deux stratégies ne se succèdent pas nécessairement, surtout dans le cas où le jeune enfant est sensibilisé tôt au principe alphabétique. De la même manière, la stratégie alphabétique et séquentielle du traitement du mot écrit influence la mise en route de la stratégie orthographique, mais encore une fois, il est admis que la lecture par reconnaissance orthographique puisse être déjà en place chez

l'apprenti-lecteur au début de l'apprentissage de la lecture. La lecture débutante peut en effet, déjà se montrer capable de reconnaître la forme orthographique de certains mots, notamment par la contribution de la stratégie logographique à la constitution du lexique orthographique.

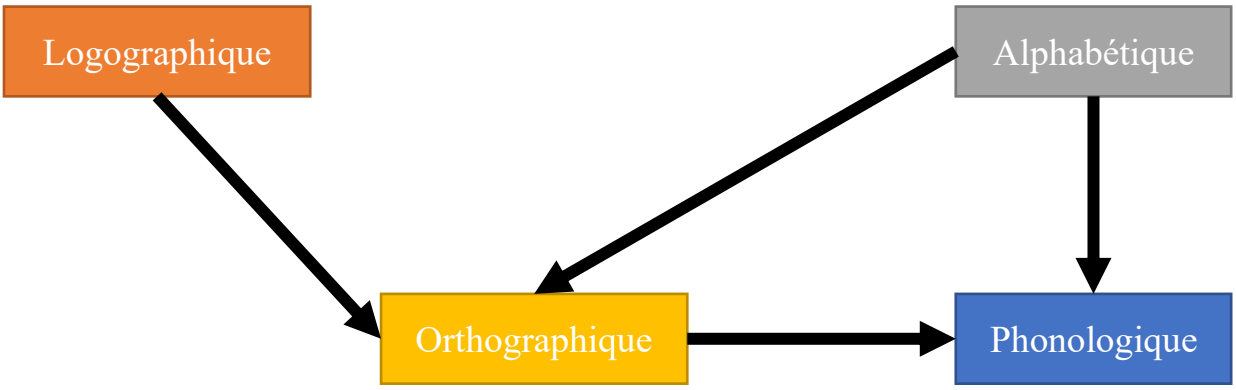


Figure 6 : Modèle d'apprentissage de la lecture (Morais, 1994).

Ainsi, le modèle de Morais (1994), même s'il est relativement simple, répond ainsi aux limites du modèle de Frith. Les compétences logographiques et alphabétiques sont indépendantes et contribuent à la mise en place du lexique orthographique et, par conséquent de la reconnaissance directe et automatique des mots.

Même si, en tant que modèle stadiste et développemental, le modèle de Frith est critiquable, il reste tout à fait pertinent quant à sa description des différentes stratégies utilisées par l'enfant au cours de l'apprentissage de la lecture. Il reste donc, à ce jour, un modèle de référence pour la recherche dans le domaine de la lecture, mais également pour décrire les difficultés spécifiques d'accès au langage écrit (Demont et Gombert, 2004). De plus, il admet l'importance de la médiation phonologique dans le développement du lexique orthographique en faisant précéder l'utilisation de la stratégie alphabétique par rapport à la stratégie lexicale.

2.3. Médiation phonologique et mise en place des voies de lecture

Comme expliqué en amont, au vu des spécificités des deux voies de reconnaissance des mots, il semble cohérent de penser que la voie de conversion graphophonologique est privilégiée par

l'apprenti-lecteur pour amorcer l'apprentissage de la lecture. Cette procédure permettrait alors la création progressive du stock orthographique indispensable à l'utilisation de la voie lexicale, comme le suggèrent les modèles de l'apprentissage de la lecture présentés en amont (Colé, 2012 ; Ecalle et Magnan, 2002, 2010 ; Morais, 1994 ; Sprenger-Charolles et al., 1998 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013).

L'étude longitudinale de Sprenger-Charolles et al. (1998) permet de conforter cette hypothèse chez des enfants francophones. Les auteurs ont suivi durant trois ans des enfants de la grande section de maternelle (GSM) jusqu'au CE1 afin de déterminer comment les voies de lecture se mettaient en place chez les apprentis lecteurs.

La première partie de cette étude avait comme objectif de déterminer quelle stratégie de lecture était utilisée chez les élèves de CP évalués en janvier et en juin à travers des épreuves de lecture de mots réguliers, irréguliers, fréquents ou rares, et d'écriture de mots et de pseudo-mots. L'hypothèse selon laquelle les enfants, au début de l'apprentissage de la lecture utilisent majoritairement la médiation phonologique est confortée lors de la première évaluation par les résultats obtenus. En effet, ces enfants commettent moins d'erreurs lors de la lecture de mots réguliers, en comparaison avec les mots irréguliers. Il n'existe pas en janvier, d'effet de fréquence ou de lexicalité, c'est-à-dire que les mots fréquents ne sont pas lus plus facilement que les mots rares. Néanmoins, en fin de CP, les résultats semblent diverger. Un effet de fréquence est observé lors des épreuves de lecture. Les auteurs observent une augmentation de l'effet de régularité, confortant l'utilisation de la médiation phonologique. De plus, les élèves lisent mieux les mots réguliers que les pseudo-mots. Sprenger-Charolles et al. (1998) concluent alors à la mise en place du lexique orthographique au cours de l'année de CP.

Ainsi, ces résultats viennent confirmer que la procédure alphabétique permet aux enfants de déchiffrer leurs premiers mots. Au cours de la première année de l'apprentissage de la lecture, la voie lexicale se met en place progressivement, mais pas encore au détriment de la conversion graphophonologique dont l'utilisation augmente en parallèle. Sprenger-Charolles et al. (1998) ont également soumis les élèves à une tâche de décision sémantique en lecture silencieuse. Les enfants devaient choisir une bonne réponse parmi des mots écrits correctement, écrits phonologiquement, ou écrits avec des erreurs orthographiques mais qui ne modifiaient que très peu la forme globale du mot (par exemple, « pomme », « pome », « pomne »). D'après les résultats obtenus, les intrus phonologiques étaient responsables de plus d'erreurs, montrant une utilisation plus importante de la médiation phonologique en

comparaison avec la voie globale d'identification des mots. Finalement, les résultats obtenus en janvier pour la lecture de mots et de pseudo-mots sont prédictifs des résultats obtenus en juin pour l'ensemble des épreuves de lecture, c'est-à-dire, y compris celle de lecture de mots irréguliers. Ce dernier argument va lui aussi dans le sens d'une construction progressive du lexique orthographique par l'utilisation de la médiation phonologique pour le décodage des mots.

De la même manière, l'étude de Demont et Botzung (2003) vient elle aussi conforter l'hypothèse de l'utilisation privilégiée de la médiation phonologique par les apprentis lecteurs. Dans le protocole mis en place par les auteurs, les enfants normolecteurs de CP obtiennent de meilleurs résultats en lecture de logatomes, c'est-à-dire de non-mots, qu'en lecture de mots irréguliers. Les résultats lors de la deuxième session d'évaluation montrent également une amélioration des compétences en lecture de mots irréguliers attestant une utilisation de la voie d'adressage dès la première année d'apprentissage de la lecture, comme le soutiennent Sprenger-Charolles et al (1998).

La médiation phonologique, utilisée lors de la procédure d'assemblage, jouerait donc un rôle fondamental dans la mise en place du lexique orthographique. Le décodage des mots permet à l'apprenti-lecteur de créer, au fur et à mesure, des liens entre les représentations orthographiques et phonologiques, indispensables à la potentialisation de la procédure lexicale (Sprenger-Charolles et al., 1998).

L'identification du mot écrit, plus précisément les mécanismes d'assemblage et d'adressage, et plus généralement l'activité de lecture dépendent d'un bon nombre de compétences sous-jacentes. Certaines sont même susceptibles de prédire la réussite en lecture. Parmi ces compétences, les fonctions perceptives (audition et vision), les habiletés cognitives (mémoire à court terme et de travail, l'inhibition et l'attention) et les compétences lexicales et phonologiques (connaissance de l'alphabet, conscience phonologique, dénomination rapide), seront maintenant abordées.

3. Les compétences mises en jeu dans l'activité de lecture

3.1. Compétences perceptives : audition et vision

En lien avec la composante perceptive de l'activité de lecture, l'intégrité des systèmes auditif et visuel paraît à priori indispensable (Ecalle et Magnan, 2002 ; Rigal, 1996). De fait, la lecture fait appel à des représentations visuelles (les graphèmes) qu'il faut discriminer et transformer en représentations phonologiques, donc auditives. Naturellement, la perception auditive est la voie d'entrée de la structure phonologique du langage oral, indispensable à la création d'un stock de représentations phonologiques (Ecalle et Magnan, 2010). Une bonne audition est donc un prérequis naturel pour l'acquisition du langage oral et l'apprentissage de la lecture.

Pourtant, l'intégrité du sens auditif n'est pas indispensable à la lecture comme le montrent les possibilités d'accès au langage écrit des enfants sourds (Ecalle et Magnan, 2010). Ces derniers auront tout de même besoin d'une prise en charge spécifique, incluant une stimulation multimodale (visuelle et kinesthésique) dont l'objectif est de compenser leur manque de perception auditive, pour développer leurs représentations phonologiques et accéder à la lecture.

La même question se pose pour les compétences visuelles. La lecture a souvent été, par le passé, considérée comme une activité dont la composante visuelle était fondamentale (Rigal, 1996). En effet, l'enfant doit pouvoir reconnaître avec précision des formes graphiques, parfois ressemblantes, voire confuses, pour identifier un mot écrit. Les compétences visuoperceptives telles que l'orientation spatiale (droite-gauche) ou les capacités de perception figure-fond seraient, en théorie, fondamentales pour la lecture.

Néanmoins, il sera éclairci au cours de ce travail (voir chapitre 2) que les relations entre les compétences visuospatiales et la lecture ne sont pas clairement définies. Cela est possiblement dû au fait que seule une zone très spécialisée de l'œil est utilisée pour lire. Il s'agit de la fovéa (Dehaene, 2007 ; Delahaie, 2009 ; Leibnitz, Ducrot, Muneaux, et Grainger, 2015 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013). Cette localisation spécifique et étroite explique les mouvements oculaires, ou saccades, qui sont indispensables lors de la lecture et qui en conditionnent notamment la vitesse. De fait, le but des saccades oculaires est bien d'emmener, au plus vite le prochain mot à lire en zone fovéale. Ainsi, la lecture n'implique pas de la même manière les

compétences visuelles que lors de tâches perceptives plus générales. Toutefois, les apprentis lecteurs doivent développer une technique d'exploration visuelle performante pour un apprentissage réussi de la lecture. Cette technique d'exploration lors de la lecture est également dépendante d'autres facteurs comme l'attention visuelle, son déplacement ou même son empan. Ces questions seront traitées ultérieurement, notamment dans le cadre de la dyslexie visuo-attentionnelle (voir chapitre 4).

3.2. Les compétences cognitives

D'une manière générale, tout apprentissage met en jeu les compétences cognitives des individus. Les apprentissages scolaires, y compris la lecture, n'y échappent pas (Desrochers et al., 2008). Parmi ces habiletés, il est possible de distinguer les compétences en rétention de l'information, c'est-à-dire la mémoire, l'attention mais également l'ensemble des processus de traitement, de contrôle et de coordination des informations nécessaires à la réalisation de l'objectif à atteindre, qui sont regroupés dans un ensemble d'habiletés cognitives appelées les fonctions exécutives. Ces dernières sont définies comme des habiletés cognitives indispensables pour réaliser de façon adéquate une activité non automatisée, ou plus généralement, en cours d'apprentissage (Walch et Bon, 2009). Au vu de l'importance de ces fonctions, il semble impossible d'éluder leur participation dans l'accès au langage écrit.

Les fonctions exécutives sont des compétences complexes et encore mal connues et délimitées, mais qui incluraient les processus d'inhibition, la flexibilité mentale et la mémoire de travail (Fourneret et des Portes, 2017). Cette dernière occuperait une place centrale. En effet, les fonctions exécutives sont particulièrement en lien avec le concept de mémoire de travail, car elles renvoient au rôle de l'administrateur central dans ces fonctions globales lors du traitement de l'information (Baddeley, 2000; Walch et Bon, 2009). Dans ce travail de recherche, le concept de mémoire de travail sera le premier à être mis en avant. De celui-ci découleront ensuite les définitions de mémoire à court-terme, d'inhibition et d'attention.

1.2.1. La mémoire de travail

La mémoire de travail se définit comme un système de rétention et de traitement de l'information, soit sous la forme verbale, soit sous la forme visuelle. Elle permet de stocker les informations afin d'opérer un traitement sur celles-ci. Historiquement, le modèle de Baddeley constitue le modèle de référence (Baddeley, 2000; Barrouillet et Camos, 2007; Gillet et al., 2000; Lussier et Flessas, 2009; Nicolas, 2005). La mémoire de travail serait constituée de deux systèmes de stockage de l'information à court terme. La boucle articulatoire ou boucle phonologique emmagasine les informations acoustiques et verbales à l'aide d'une unité de stockage phonologique et d'un mécanisme de répétition articulatoire (ou subvocale). Il est admis que ce système traite les informations de façon sérielle. Par opposition, le calepin visuospatial se charge du stockage des informations visuelles et spatiales. Ces deux systèmes, dits « esclaves », fonctionneraient sous la direction d'un processeur central, qui gèrerait une forme de contrôle et de régulation des processus cognitifs, incluant l'envoi des informations vers le système de stockage adéquat et le contrôle attentionnel lors du traitement de l'information. Il serait impliqué dans la coordination des actions multitâches. Cet administrateur central se diviserait en deux composants (stockage de l'information et traitement) mais est encore mal connu (Baddeley, 2000; Barrouillet et Camos, 2007; Gillet et al., 2000; Nicolas, 2005; St Clair-Thompson et Gathercole, 2006).

À son modèle initial, Baddeley (2000) propose d'ajouter une nouvelle composante, la mémoire tampon épisodique ou buffer épisodique. Il s'agit d'un troisième système de rétention de l'information, mais qui serait lui capable d'intégrer des informations de différentes sources (phonologique, visuelle, ou autre) et qui serait, sous le contrôle de l'administrateur central, une interface avec la mémoire à long terme. Les rôles de la mémoire à court terme et de la mémoire de travail dans l'activité de lecture ont déjà été mis en avant par plusieurs auteurs (Baddeley, 2000 ; Barrouillet et Camos, 2007).

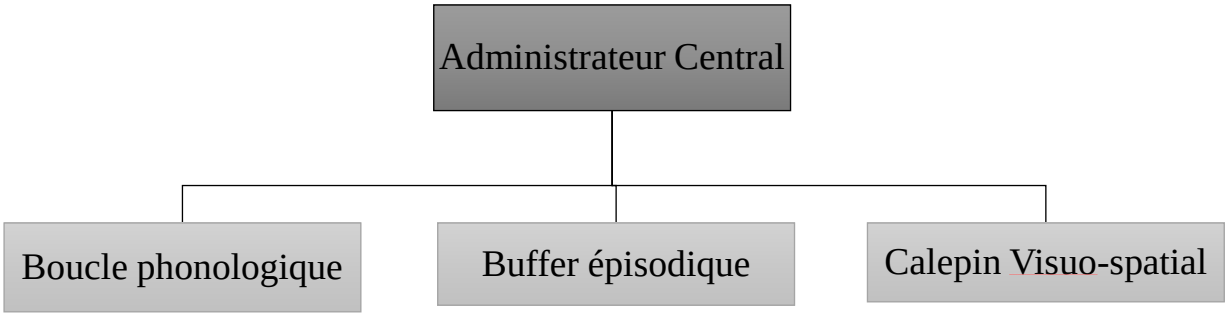


Figure 7 : Modèle de la mémoire de travail (Baddeley, 2000).

L'utilisation simple du système auditivo-verbal de la mémoire de travail, c'est-à-dire de la boucle phonologique, permet, dans le cadre où les informations à retenir ne nécessitent pas un traitement faisant intervenir l'administrateur central, de retenir à court terme des informations de nature verbale. On parle alors de mémoire à court terme phonologique.

1.2.2. La mémoire à court terme phonologique

Comme expliqué en amont, la capacité à retenir les informations de nature auditivo-verbale fait appel à un mécanisme dénommé la boucle phonologique, qui permet tout d'abord le stockage des informations. La boucle phonologique fait également appel à un mécanisme de répétition subvocale permettant de garder les informations à disposition du sujet. Majerus (2013) propose de décrire plus explicitement les compétences mises en jeu lors des tâches de mémoire à court terme, communément les épreuves de répétition, immédiate et à l'endroit, de chiffres ou de mots. La synthèse des connaissances à ce sujet a mené l'auteur à proposer un modèle A-O-SMT, où la mémoire à court terme ferait intervenir à la fois le système langagier (ou phonologique), l'attention sélective et le traitement de l'ordre sériel. Le modèle est présenté figure 8.

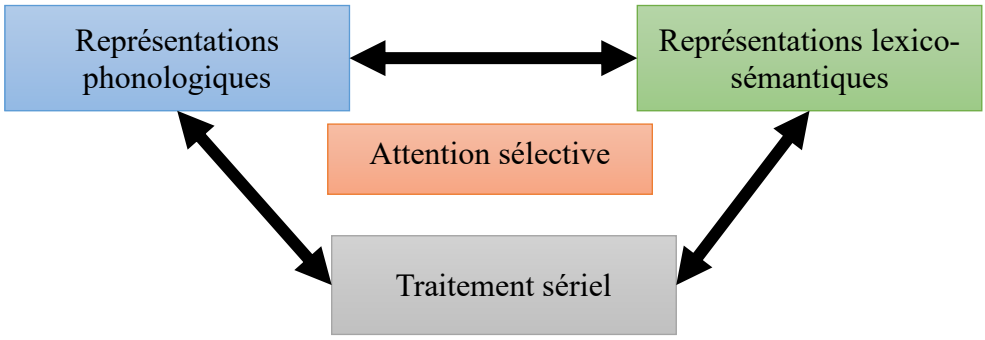


Figure 8 : Composantes de la mémoire à court terme (Majerus, 2013).

Dans le cadre de son modèle, Majerus (2013) admet premièrement que la mémoire à court terme s'appuie, non seulement sur les représentations phonologiques, mais plus généralement sur les connaissances langagières, incluant les connaissances lexicales et sémantiques. Ceci est conforté, à titre d'exemple, par l'observation des effets de lexicalité (les non-mots sont moins bien rappelés en mémoire que les mots). En outre, si les tâches d'empan à l'endroit ont souvent été considérées comme des tâches passives de mémoire à court terme ne nécessitant pas le contrôle attentionnel de l'administrateur central, l'auteur souligne la participation indispensable des compétences attentionnelles. Effectivement, l'attention sélective auditive expliquerait en partie la réussite au maintien temporaire de l'information.

Finalement, la mémoire à court terme phonologique permettrait à la fois de retenir des informations de nature auditivo-verbale, mais également de les retenir dans leur ordre chronologique. Majerus (2013) souligne donc par son modèle l'existence d'un système de traitement sériel de l'information, indépendant du système langagier, qui permettrait de prendre en compte l'ordre des séquences à retenir.

Ainsi, la mémoire à court terme est une capacité de stockage de l'information auditivo-temporelle, sous couvert de l'attention sélective.

1.2.3. Les fonctions exécutives : rôle de l'inhibition

Comme expliqué en amont, les fonctions dites exécutives sont des activités cognitives nécessaires pour la réalisation d'une activité non familière, donc indispensable aux

apprentissages (Fourneret et des Portes, 2017). Elles permettent le contrôle indispensable à la réalisation du comportement voulu, et à la capacité d'adaptation des individus. Si les fonctions exécutives sont multiples, une place prépondérante est attribuée à l'inhibition qui serait en réalité indispensable au développement des autres compétences exécutives (Altemeier, Abbott, et Berninger, 2008; Fourneret et des Portes, 2017). De plus, l'inhibition est une compétence en lien étroit avec le développement psychomoteur, c'est pourquoi elle aura une place particulière dans ce travail.

L'inhibition est entendue comme le processus cognitif qui permet d'éliminer les informations non pertinentes lors d'un traitement cognitif, c'est-à-dire pouvant interférer avec le traitement de l'information en cours, ou encore de stopper une réponse automatique lors de l'exécution d'une tâche donnée. En ce sens, il s'agit d'une compétence mise en jeu à la fois au niveau comportemental mais également au niveau cognitif (lors du traitement de l'information). Dans le cadre du traitement de l'information, elle permet donc au sujet de s'engager dans un processus conscient et volontaire pour atteindre son objectif, et est de ce fait en lien avec les compétences attentionnelles (Altemeier et al, 2008 ; Fourneret et de Portes, 2017).

D'un point de vue développemental, Fourneret et des Portes (2017) expliquent qu'il s'agit d'une compétence plurielle que se met en place avant deux ans chez le jeune enfant afin de pouvoir dans un premier temps lui servir à diriger ses ressources attentionnelles. À partir d'environ 4 ans, les processus d'inhibition se complexifieraient, en lien avec le développement de la mémoire de travail, afin de permettre à l'enfant d'accéder à des traitements cognitifs plus élaborés.

Dans le cadre spécifique de la lecture, les processus d'inhibition seraient indispensables, dans le cadre de la mise en œuvre lors de la conversion graphophonologique, pour la sélection des bons phonèmes, mais plus généralement dans la bonne sélection des représentations phonologiques, orthographiques ou encore sémantiques, et donc par complémentarité pour l'inhibition des représentations voisines mais non pertinente pour le traitement en cours. L'importance des processus d'inhibition est d'ailleurs bien mise en avant par Coltheart (2005) dans le modèle à double voie en cascade, par l'ensemble des connexions excitatrices et inhibitrices ascendantes et descendantes, illustrant la complexité du traitement de l'information lors de la reconnaissance des mots.

1.2.4. L'attention

Le contrôle attentionnel permet de diriger la concentration du sujet sur les informations qu'il perçoit et doit traiter. Plusieurs formes d'attention ont pu être identifiées. L'attention sélective est la forme d'attention particulièrement sollicitée lors de la reconnaissance du mot écrit. Elle permet à l'individu de se focaliser en particulier sur les éléments à traiter, tout en inhibant toutes autres informations considérées comme non pertinentes pour l'action en cours. Dans le cadre de l'activité de lecture, l'attention peut être soit de nature auditive pour soutenir le traitement phonologique, soit de nature visuelle lors de l'analyse des graphèmes (Walch et Bon, 2009).

L'attention est donc en lien avec les fonctions exécutives, notamment pour les traitements effectués par la mémoire de travail, mais aussi dans les processus inhibiteurs.

1.2.5. Habiletés cognitives et lecture

Dans le cadre de la lecture, l'importance de la mémoire de travail et des fonctions exécutives ont été mises en évidence (Abreu et al., 2014 ; Boulc'h, Gaux, et Boujon, 2007 ; Demont et Botzung, 2003 ; Gillet et al., 2000 ; Pham et Hasson, 2014 ; St Clair-Thompson et Gathercole, 2006) et plusieurs travaux empiriques viennent conforter ce lien existant.

St Clair-Thompson et Gathercole (2006) ont proposé une étude tentant de faire le lien entre la mémoire de travail, les fonctions exécutives et les apprentissages scolaires. Les auteurs ont proposé à des enfants âgés en moyenne de 11 ans une série d'épreuves pour mesurer la mémoire de travail auditivo-verbale (épreuves de rappel à l'endroit et de rappel à rebours) et visuo-spatiale, mais également des épreuves d'inhibition (à l'aide par exemple de test d'interférence de type Stroop), de mise à jour et de flexibilité. Les auteurs ont également évalué le niveau académique des enfants en anglais (incluant la lecture, l'orthographe, ou encore l'écriture), en mathématiques et en sciences. L'étude corrélative met en avant des relations positives entre le score global en anglais et une des deux épreuves de flexibilité. De même, ce score corrèle significativement et positivement avec les deux épreuves de mise à jour et les deux épreuves de mémoire de travail auditivo-verbale, avec une corrélation plus importante avec l'épreuve de rappel immédiat évaluant la boucle phonologique en comparaison avec l'épreuve de rappel à l'envers. Finalement, le score global en anglais est également lié aux deux épreuves de mémoire de travail visuospatial.

Dans cette même étude, les corrélations partielles tendent à montrer que la mémoire de travail est fortement impliquée dans la variance en lecture. L'inhibition, après contrôle de la mémoire de travail est reliée au score en anglais, toutefois de façon moins importante. Cette étude met en évidence l'importance des fonctions exécutives et de la mémoire de travail dans les apprentissages scolaires fondamentaux, mais n'a pas considéré spécifiquement les compétences en lecture (St Clair-Thompson et Gathercole, 2006).

Pham et Hasson (2014) proposent une étude où ont été évaluées, sur 157 enfants tout venants de 9 à 12 ans, les compétences en mémoire à court terme phonologique, en mémoire de travail, verbale et visuospatiale et les compétences en lecture. L'administration, aux parents et aux enseignants, d'un questionnaire comportemental axé sur les capacités d'attention des enfants a permis également de prendre en compte cette compétence. Les résultats obtenus montrent des corrélations positives, par exemple, entre l'identification de mots et l'épreuve de répétition de chiffres à l'endroit mesurant la mémoire à court terme verbale, c'est-à-dire la capacité de rétention de la boucle phonologique. Ainsi, les compétences en décodage sont en lien avec les capacités de stockage en mémoire, mais pas seulement. En effet, cette épreuve de lecture est également corrélée à la mémoire de travail auditivo-verbale (mesurée à l'aide de l'épreuve de répétition de chiffres à l'envers) et cette corrélation est même, dans cette étude, plus importante qu'avec la mémoire à court terme. Ainsi, identifier les mots est lié au contrôle exécutif qu'exerce l'administrateur central de la mémoire de travail. De la même manière, les deux épreuves de mémoire corrèlent avec l'épreuve de fluence en lecture, avec une corrélation plus importante pour l'épreuve de mémoire de travail phonologique. Les résultats obtenus indiquent également la valeur prédictive de la mémoire de travail sur les compétences en lecture. L'analyse des résultats montre l'existence d'un lien entre les deux versants de la mémoire de travail et les compétences en lecture. Toutefois, la mémoire de travail verbale contribue plus significativement à la fluence et à la compréhension en lecture, alors que la mémoire de travail visuospatiale contribue, selon cette étude, plus spécifiquement à la compréhension. Finalement, les résultats obtenus au questionnaire comportemental corrèlent également avec l'ensemble des mesures en lecture, établissant l'existence d'un lien entre ces compétences et l'accès au langage écrit.

Pour étudier le profil exécutif d'enfants faibles lecteurs, Abreu et al. (2014) ont fait passer un large éventail de tests, qu'ils ont classés en quatre catégories (Mémoire de travail/flexibilité – Interférence – Inhibition – Attention sélective). Les résultats montrent une différence intergroupe significative pour le domaine de la mémoire de travail. Les faibles lecteurs ont

des résultats plus faibles dans ces épreuves. L'analyse corrélative met en évidence des liens entre la mémoire de travail et les compétences en lecture, tant en décodage de mots qu'en compréhension. La mémoire de travail prédit également le niveau de lecture. Dans cette étude, l'inhibition est corrélée avec les compétences de décodage de lecture, mais cette relation est liée plus globalement aux compétences en raisonnement non verbal.

Foy et Mann (2013) se sont intéressés aux liens entre les compétences en pré-lecture et leurs liens avec les fonctions exécutives chez des enfants de moyenne d'âge de 5 ans fréquentant l'école maternelle. Les auteurs ont administré des épreuves de conscience phonémique, de reconnaissance de lettres et de lecture. Les fonctions exécutives ont été mesurées à l'aide d'une épreuve d'interférence de type go/no go, passée sous la modalité verbale (utilisation des syllabes/ba/et/pa/) et non verbale (utilisation d'images). Une troisième modalité de l'épreuve, à consignes modifiées, a été administrée pour permettre de mesurer la flexibilité des enfants. À l'aide des données recueillies, les auteurs ont pu prendre en compte le temps de réaction, le nombre d'oublis, ou encore le nombre de « fausses alertes » reflétant la capacité d'inhibition, et un indice de flexibilité. La mémoire de travail a également été prise en compte, pour servir de variable de contrôle, à l'aide des épreuves de répétition de chiffres à l'endroit et à l'envers. Les auteurs ont tout d'abord voulu savoir si les épreuves verbales et non verbales mesurant les fonctions exécutives étaient corrélées entre elles. D'après l'analyse statistique, seules les mesures de temps de réaction le sont. Les auteurs estiment que d'une manière générale, les fonctions exécutives verbales et non verbales sont donc indépendantes. Il existe également une corrélation plus importante entre les scores obtenus lors des épreuves exécutives verbales et les épreuves de lecture, en comparaison avec les épreuves exécutives non verbales. Par exemple, les compétences en lecture de mots et de non-mots sont le plus fortement corrélées avec l'inhibition, à la fois sous la modalité verbale et non verbale.

Récemment, Lubin, Regrin, Boulc'h, Pacton, et Lanoë (2016) ont proposé de mettre en lien la mémoire de travail, le contrôle attentionnel et l'inhibition chez 71 élèves scolarisés en CM1. Les auteurs ont utilisé une épreuve de mémoire de chiffres à l'envers pour mesurer la mémoire de travail et deux épreuves issues d'une batterie d'évaluation de l'attention chez l'enfant. Il s'agissait des épreuves des mondes contraires, épreuve d'interférence où l'enfant est invité sous la condition contrôle à nommer le chiffre (1 ou 2) qui apparait sur le matériel de stimulation. Sous la condition conflit, l'enfant doit nommer le chiffre contraire. La seconde épreuve consiste à compter sur les planches stimuli le nombre de monstres à l'aide des flèches ascendantes ou descendantes, impliquant de devoir compter en ordre croissant (1, 2, 3,…) ou

décroissant (4, 3,…). La première épreuve a servi à mesurer l'inhibition, la seconde la flexibilité. Les auteurs ont également mesuré les niveaux scolaires en mathématiques, lecture et orthographe, et ont administré une épreuve de matrices afin d'obtenir comme variable de contrôle, un score d'intelligence non verbale. Dans cette étude, l'inhibition n'est corrélée qu'aux compétences en mathématiques, et non avec celles en lecture. Néanmoins, la mémoire de travail est corrélée positivement à la fluence en lecture (0,35, $p<0,01$). La corrélation entre la mémoire de travail et la compréhension n'est que tendancielle. L'épreuve de flexibilité est corrélée à la fois à la fluence en lecture (0,34, $p<0,01$) et à la compréhension (0,25, $p<0,05$). D'après l'analyse hiérarchique, la mémoire de travail et l'épreuve de flexibilité expliquent une partie de la variance en lecture.

Finalement, l'administrateur central de la mémoire de travail a fait l'objet d'études plus particulières, notamment par Boulc'h et al. (2007). Les auteurs ont comparé les performances d'enfants faibles lecteurs et normo-lecteurs du niveau CE2 à une tâche de conjonction illusoire classique. À la lecture d'un mot écrit en deux couleurs, les enfants devaient nommer la couleur d'une lettre cible. Le protocole a ensuite été reproduit, avec l'ajout d'une tâche nécessitant un niveau de contrôle exécutif supérieur. La première tâche supplémentaire consistait à pouvoir alterner entre des stimuli en couleur (mot écrit en bleu et rouge) ou partiellement en caractère gras. Les enfants devaient alors préciser, ou la couleur de la lecture cible, ou si elle était écrite en gras. Le dernier protocole consistait à rajouter un rappel de la dernière paire de lettres cibles identiques lors du protocole, nécessitant ainsi les mécanismes de mise à jour de l'information. Les résultats obtenus tendent à montrer que le temps de réponse du groupe d'enfants faibles lecteurs augmente significativement lorsqu'on associe la tâche de conjonction illusoire à une tâche exécutive. Le contrôle exécutif aurait ainsi une fonction importante dans la coordination des traitements de bas niveau en lecture.

Ainsi, la lecture est une activité au cours de laquelle plusieurs habiletés sont nécessaires, voire indispensables. La mémoire à court terme, par l'utilisation de sa boucle phonologique, permet de retenir les informations auditivo-verbales durant l'assemblage des différents phonèmes dans le cadre du décodage, et plus généralement pour lire des nouveaux mots. De fait, l'enfant qui utilise la médiation phonologique doit convertir le premier graphème du mot en phonème, le garder en mémoire, puis convertir le deuxième et ainsi de suite jusqu'à assembler l'ensemble des phonèmes stockés en mémoire pour lire le mot.

Néanmoins, la mémoire à court terme n'est pas le seul mécanisme cognitif mise en jeu lors de la lecture. En effet, les activités de rétention et de traitement de l'information lors du décodage sont exécutées en simultané et s'y ajoute nécessairement une réactivation, dans la mémoire à long terme de règles de correspondance grapho-phonémique. Tout ce processus implique donc une activité de coordination, de contrôle attentionnel et inhibiteur de la part de l'administrateur central, notamment par exemple afin d'opérer les bonnes sélections phonologiques lors du décodage (Altemeier et al., 2008; Barrouillet et Camos, 2007; Boulc'h et al., 2007; Gillet et al., 2000; St Clair-Thompson et Gathercole, 2006).

3.3. Les compétences lexicales et phonologiques

L'apprentissage de la lecture est généralement en lien avec les compétences lexicales et phonologiques. Comme expliqué en introduction, ce travail donnera une place importante à la conscience phonologique. En outre, les connaissances de lettres de l'alphabet et la dénomination rapide et automatique seront également traitées.

3.3.1. Les connaissances des lettres de l'alphabet

Etre capable de reconnaitre et nommer les lettres constituant l'alphabet et connaître les sons associés à chacune d'entre elles sont des compétences primordiales pour l'apprentissage de la lecture, puisque pour reconnaître un mot il faut pouvoir reconnaître les lettres qui le composent (Desrochers et al., 2008 ; Ecalle et Magnan, 2010 ; Foulin, 2007). Cet apprentissage est d'une grande importance, car il s'agit des premières connexions qui permettront le développement de la conversion graphophonologique. En effet, dans le cadre du français, les voyelles sont nommées par leur valeur phonémique, et les consonnes contiennent, dans leur nom, leur prononciation (Ecalle et Magnan, 2010). En outre, savoir dénommer les lettres de l'alphabet permet donc de constituer un savoir, plus ou moins conscient, autour de la structure phonologique du langage oral et favoriserait le développement de la conscience phonologique (Biot-Chevrier, Ecalle, et Magnan, 2008).

Hillarait de Boisferon, Colé, et Gentaz (2010) ont proposé de mettre en lien les compétences en connaissance du nom des lettres, de leur son, les compétences en conscience phonémique

et en décodage chez des enfants de grande section de maternelle. Les auteurs ont administré des épreuves d'identification de phonèmes en position initiale et finale (épreuve de conscience phonémique), des épreuves de dénomination et d'identification de lettres présentées en cursive (évaluation de la connaissance du nom des lettres), une épreuve de connaissance du phonème associé aux lettres (évaluation de la connaissance du son des lettres) et une épreuve de lecture de pseudo-mots (constitués de 2 à 4 syllabes). Deux périodes d'évaluation ont été proposées, la première au mois de décembre, la seconde au mois d'avril.

L'évaluation du mois de décembre met en avant des corrélations entre les épreuves portant sur la connaissance du nom des lettres et du son des lettres. Ainsi, les enfants qui identifient correctement les lettres ont plus de facilités à connaître leurs valeurs phonémiques. De plus, les épreuves de connaissance du nom des lettres corrèlent avec les épreuves de conscience phonémique. La connaissance du phonème associé aux lettres n'est pas encore corrélée avec les compétences en conscience phonémique. Il faut attendre l'évaluation du mois d'avril pour que les résultats obtenus lors de ces tâches soient significativement liés. Au mois d'avril, les corrélations entre la connaissance du nom des lettres et les compétences phonologiques se réduisent.

Les auteurs ont également divisé le groupe d'enfant en bons et faibles décodeurs en fonction des résultats obtenus à l'épreuve de lecture de pseudo-mots. Il ressort de leur analyse qu'en avril, les meilleurs décodeurs connaissent en décembre significativement plus de noms et sons des lettres en comparaison avec les faibles décodeurs, ils ont également une conscience phonémique plus développée. Ainsi, les auteurs expliquent que la connaissance du nom des lettres et l'association du nom et du son des lettres permettraient le développement de la conscience phonémique. Connaître le nom des lettres favoriserait la découverte du principe alphabétique et des correspondances entre les graphèmes et les phonèmes (Hillarait de Boisferon et al., 2010).

Les connaissances autour des lettres de l'alphabet, compétences dites de prélecture, peuvent également prédire les futures performances en lecture (Ecalle et Magnan, 2002, 2010 ; Foulin, 2007 ; Negro et Genelot, 2011 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013). Ainsi, tout élève en difficulté dans la reconnaissance de lettre en maternelle nécessiterait une attention particulière en arrivant au cours préparatoire.

3.3.2. La conscience phonologique

La conscience phonologique se définit comme la capacité d'analyse, de réflexion et de manipulation abstraite des éléments du langage oral (Morais, 1994). Cette capacité qui peut s'effectuer aux différents niveaux structurels du langage oral, c'est-à-dire au niveau syllabique et intra-syllabique (attaque et rimes), qui sont les unités les plus larges du langage oral, et phonémique, les unités les plus réduites du langage oral (Bosse et Zagar, 2015).

3.3.2.1. Le développement de la conscience phonologique

Il existe deux théories distinctes sur le développement de la conscience phonologique. La première admet que les habilités d'analyse du langage oral se développent progressivement. Les unités segmentales plus larges (les syllabes) sont plus simples à manipuler précocement en comparaison avec les unités plus fines (les phonèmes). Ainsi, la conscience syllabique se développerait en premier, puis la conscience intrasyllabique (attaques et rimes) et finalement les enfants seraient capables d'une conscience phonémique (Anthony et Francis, 2005). Il s'agit là d'un développement stadiste de la conscience phonologique.

Toutefois, il semble admis que la conscience phonémique se développe en interaction avec l'apprentissage de la lecture et la compréhension du principe alphabétique (Bosse et Zagar, 2015). Elle nécessite donc un enseignement explicite. En ce sens, Gombert (2006) propose de distinguer la conscience phonologique en compétences épiphonologiques et métaphonologiques, auxquelles il associe les termes d'apprentissage implicite et explicite. Cet auteur propose de séparer les différents niveaux de conscience phonologique en compétences acquises implicitement et naturellement par contact récurrent avec le langage oral, et en compétences explicites, c'est-à-dire, développées à partir d'un enseignement plus formel (Ecalle et Magnan, 2002 ; Gombert, 2006).

En outre, dans la méta-analyse de Melby-Lervag, Halaas Lyster, et Hulme (2012), les auteurs concluent que la conscience phonologique n'est pas, en réalité, une compétence unitaire et mobilise des compétences différentes selon la tâche demandée, ce qui irait plutôt dans le sens de la théorie de Gombert.

3.3.2.2. Facteurs en lien avec le développement de la conscience phonologique

Plusieurs facteurs influencent le développement des habiletés phonologiques, notamment les caractéristiques linguistiques des langues. La prosodie des langues permettrait, par exemple, de développer plus rapidement la sensibilité au langage oral. On sait également que la conscience syllabique se développerait plus précocement dans les langues où la syllabe est marquée et saillante, comme l'italien (Anthony et Francis, 2005). La complexité des structures de mots, la transparence de l'orthographe (qui joue un rôle dans la régularisation des correspondances graphèmes-phonèmes), la position des phonèmes, ou encore les facteurs articulatoires peuvent aussi jouer un rôle dans le développement de l'habileté d'analyse du langage oral (Anthony et Francis, 2005; Leybaert, Reybroeck, Ponchaux, et Mousty, 2004).

L'influence d'autres facteurs a également été démontrée. Par exemple, les facteurs articulatoires pourraient jouer à deux niveaux. Un trouble articulatoire peut engendrer des représentations phonologiques incorrectes ou du moins, imprécises, mais aussi empêcher la réussite dans les tâches de conscience phonologique qui peuvent faire appel à une répétition verbale (Leybaert et al., 2004). De la même manière, l'étendue du vocabulaire tend à améliorer la conscience phonologique. Le développement du stock phonologique permettrait de mieux discriminer les phonèmes et par conséquent de permettre leur meilleure analyse et manipulation (Anthony et Francis, 2005; Caroll, Snowling et Hulme, 2003).

Les compétences en lecture et en prélecture vont aussi permettre le développement de la conscience phonologique, comme le montre l'étude de Caroll et al. (2003) qui a explicité les corrélations entre la connaissance des lettres et la conscience phonémique. Ecalle et Magnan (2010) proposent une explication simple et logique, déjà évoquée précédemment : l'apprentissage de l'alphabet pourrait être considéré comme un précurseur de la conscience phonémique (Biot-Chevrier et al., 2008 ; Ecalle et Magnan, 2010 ; Foulin, 2007), le nom des lettres correspondant au son de celles-ci (le cas des voyelles) ou intégrant leur son (le cas des consonnes).

L'étude de Demont et Botzung (2003) a permis de mettre en évidence une relation entre les tâches de conscience phonologique et la mémoire de travail auditivo-verbale. Ce résultat tend à montrer que lors des tâches impliquant des capacités d'analyse et de manipulation du langage oral, il est nécessaire d'avoir une mémoire efficiente. Celle-ci pourrait faciliter ou entraver le développement de la conscience phonologique.

Finalement, le développement de la conscience phonologique est influencé par l'enseignement formel de la lecture et par l'explicitation du principe de correspondance entre les graphèmes et les phonèmes (Bosse et Zagar, 2015). L'étude d'Ecalle, Magnan, et Bouchafa (2002) témoigne de cette évolution. Les auteurs proposent une étude transversale à laquelle ont participé des enfants de grande section et de CP, afin notamment de vérifier le développement des compétences en conscience phonologique qu'ils ont divisé en compétences épiphonologiques et en compétences métaphonologiques. L'épreuve épiphonologique utilisée consistait à détecter parmi 4 mots les deux qui présentaient une unité commune : soit une syllabe (première tâche épiphonologique) soit un phonème (deuxième tâche épiphonologique). Deux épreuves métaphonologiques ont également été proposées. La première consistait à extraire l'unité commune entre les mots cibles (soit une syllabe, soit un phonème). La deuxième épreuve était une tâche de segmentation phonémique. L'évaluation de ces compétences s'est faite à quatre périodes, début et mi grande section de maternelle et début et mi CP. Les résultats obtenus confirment tout d'abord la facilité de traitement du niveau syllabique par rapport au niveau phonémique, comme expliqué en amont dans la séquence développementale des habilités d'analyse du langage oral. Au début de l'année de GSM, les épreuves épiphonologiques sont mieux réussies que les épreuves métaphonologiques. En ce qui concerne plus particulièrement la conscience phonémique, au début de la GSM l'épreuve épiphonologique est mieux réussie que l'épreuve métaphonémique. D'après les résultats obtenus, cette tendance s'inverse à partir du milieu de la GSM. Les auteurs montrent que les activités phonologiques proposées par les enseignants en GSM expliquent ces résultats, car elles permettent d'amorcer le développement des compétences en conscience phonémique. En outre, cette étude montre, d'une manière générale, la forte progression des compétences phonologiques des enfants. C'est entre le début et le milieu du cours préparatoire, c'est-à-dire au moment de l'apprentissage de la lecture, que les performances métaphonologiques augmentent le plus significativement (Ecalle et al., 2002). Cette étude conforte donc l'idée du développement mutuel entre la conscience phonologique et la lecture.

Toutefois, si la relation entre la lecture et la conscience phonologique n'est pas encore totalement comprise, un consensus apparait cependant : la conscience phonologique est l'habilité qui permettrait de développer les compétences initiales en reconnaissance de mots. Par la suite, conscience phonologique et lecture interagiraient pour se développer mutuellement (Bosse et Zagar, 2015 ; Ecalle et Magnan, 2002, 2010 ; Ecalle et al., 2002 ;

Sprenger-Charolles et Colé, 2013). Plus précisément, selon Gillet et al. (2000) le niveau de conscience syllabique serait un prérequis phonologique au décodage, alors que la conscience phonémique et la lecture interagissent pour leur développement mutuel.

3.3.2.3. Valeur prédictive de la conscience phonologique sur réussite en lecture

Un certain consensus semble être admis et pointe la conscience phonologique, et plus particulièrement les compétences en analyse et manipulation des phonèmes (métaphonologie), comme le meilleur prédicteur de la future réussite en lecture (Ecalle et Magnan, 2002, 2010 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013).

Telle a été, par exemple, la conclusion de la méta-analyse de Melby-Lervag et al. (2012). Les auteurs se sont intéressés aux valeurs prédictives de trois facteurs (la conscience phonologique, la sensibilité aux rimes et la mémoire à court terme phonologique) sur le niveau de lecture. En analysant les résultats obtenus dans 235 études, ils ont bien conclu que la conscience phonémique est le plus puissant prédicteur de la réussite en lecture. Évidemment, la conscience des rimes et la mémoire à court terme phonologique en sont également un prédicteur, mais de façon moindre.

L'étude de Kirby, Parrila et Pfeiffer (2003) vient également conforter la valeur prédictive de la conscience phonologique sur les futures performances en lecture. Les auteurs ont suivi longitudinalement 161 enfants de la dernière année de maternelle (âge moyen 5 ans), jusqu'à la fin de l'école élémentaire. Les auteurs ont mesuré la conscience phonologique en maternelle (épreuve d'identification de phonèmes dans un mot, épreuve de suppression phonémique, épreuves d'assemblage de syllabe à partir d'une attaque et d'une rime, et une épreuve d'assemblage de mots à partir de ses phonèmes). Les compétences en lecture (lecture de pseudo-mots, lecture de mot et compréhension) ont été évaluées chaque année de l'école élémentaire. À noter que dans cette étude, les compétences en conscience phonologique en maternelle ne prédisent les performances en lecture (pour les trois subtests, y compris la compréhension) que pour les premières années d'études scolaires. Ce fait peut être expliqué par le développement progressif de la voie orthographique de reconnaissance des mots et donc de son utilisation de plus en plus fréquente lors de la lecture.

3.3.3. Dénomination rapide et automatique

La dénomination est la capacité d'évocation d'un mot suite à une stimulation signifiante, par exemple, une image (Van Hout et Estienne, 2003). Les compétences en dénomination rapide et automatique des enfants, considérées comme un traitement phonologique implicite par (Melby-Lervag et al., 2012), permettent de refléter le processus d'accès au stock lexical. C'est une compétence en lien avec la fluence en lecture à haute voix, et corrélée avec les performances en lecture (Desrochers et al., 2008 ; Van Hout et Estienne, 2003).

Le rôle exact de la dénomination rapide et automatique n'est pas encore bien compris. Néanmoins, l'étude de Kirby et al. (2003) montre bien l'importance de cette compétence dans la lecture. Les enfants présentant une dénomination lente ont des scores inférieurs aux normo-lecteurs. De plus, l'association de troubles phonologiques avec difficultés en dénomination rapide est celle qui crée, chez les jeunes enfants, les difficultés de lecture les plus sévères.

Même si elle est classée dans les compétences phonologiques, la dénomination rapide et automatique serait une capacité indépendante de la conscience phonologique et contribuerait à elle seule à la réussite en lecture.

D'après Kirby et al. (2003) ou la révision de Van Hout et Estienne (2003), les compétences en dénomination rapide et automatique (en fin de maternelle) sont aussi corrélées aux performances ultérieures en lecture (en cours préparatoire). Toutefois, la valeur prédictive de la dénomination rapide est, pour ce niveau scolaire, moins importante que celle de la conscience phonologique. Si la révision de Van Hout et Estienne (2003) pointe que cette valeur prédictive de la rapidité d'accès au lexique tend à diminuer rapidement avec l'âge, l'étude de Kirby et al. (2003) ne va pas dans ce sens. Au contraire, d'après ces auteurs, elles tendent à augmenter. Une explication possible pour ce phénomène est le passage progressif à la procédure orthographique de lecture (qui explique également la diminution de la valeur prédictive de la conscience phonologique sur les performances en lecture). Finalement, elle aurait également une valeur prédictive sur la compréhension.

3.4. Synthèse sur les compétences sous-jacentes à la lecture

Il est donc admis que la lecture nécessite un large éventail de compétences, qui dans une mesure plus ou moins importante influence son développement.

En guise de conclusion, il est possible de se référer à l'étude transversale de Fluss, Bertrand, Ziegler, et Billard (2013) qui s'est intéressée aux différentes compétences cognitives, comportementales et socioculturelles pouvant expliquer des difficultés d'apprentissage de la lecture[1]. Les auteurs ont constitué trois groupes d'enfants fréquentant le niveau CE1 (bons lecteurs, faibles lecteurs, lecteurs intermédiaires) pour évaluer un grand ensemble de compétences (cognitives générales verbales et non verbales, compétences phonologiques) et administrer des questionnaires spécifiques pour évaluer l'environnement socioculturel et familial et les caractéristiques comportementales de chaque enfant. Les facteurs sensiblement divergents entre les groupes sont la conscience phonologique et le déficit d'attention (en excluant les troubles externalisés de type hyperactivité, troubles de l'opposition...). Dans une perspective socioculturelle, le niveau d'éducation de la mère est aussi déterminant (Fluss et al., 2013).

Ainsi cette étude met en avant deux compétences qui sembleraient se distinguer des autres dans l'accès au langage écrit. La première d'entre elle est la conscience phonologique qui est, à l'heure actuelle, reconnue comme une compétence fondamentale dans l'apprentissage de la lecture, et peut à elle seule expliquer les difficultés durables de l'accès au langage écrit (voir en aval). Comme le souligne Bosse et Zagar (2015), la conscience phonologique est une compétence difficile à développer, et dont l'évolution se fait en interaction avec l'apprentissage de la lecture. Il s'agit en réalité d'une compétence exclusivement et spécifiquement développée pour cet apprentissage.

La seconde compétence mise en lien avec la lecture est l'attention. Celle-ci, comme il a été précisé en amont, est inclue dans les fonctions dites exécutives, indispensables aux nouveaux apprentissages. Toutefois, il est vrai que d'autres compétences comme la mémoire phonologique, la dénomination rapide et automatique, les capacités langagières et non verbales influencent l'efficience en lecture, mais de façon moins importante.

S'il est consensuel que certaines compétences sont déterminantes et prédictives du succès de l'accès au langage écrit, il paraît alors évident que certains entraînements préventifs, contre l'échec de cet apprentissage, aient été développés pour les enfants. Certains d'entre eux seront maintenant mis en avant.

[1]Il est ici question des mauvais ou faibles lecteurs, et non des enfants au niveau de lecture pathologique souffrant de dyslexie.

4. Faciliter l'apprentissage de la lecture

Avant de mettre en avant les différents types d'entraînements susceptibles de faciliter l'accès au langage écrit, il semble intéressant de comprendre comment les enfants sont préparés pour cet apprentissage avant son instruction explicite.

4.1. La préparation en maternelle

Le programme officiel de l'école maternelle (Ministère de l'Education Nationale, 2015) met en avant 5 domaines d'apprentissage. L'un d'entre eux, « mobiliser le langage dans toutes ses dimensions » a pour objectif principal de développer le langage oral et de préparer les élèves à apprendre à lire.

Pour ce faire, du point du vue du langage oral, le programme insiste bien sur le développement de l'analyse explicite du langage oral, à savoir la conscience phonologique. Ainsi, dès l'école maternelle, les enseignants doivent proposer aux élèves des activités leur permettant de progressivement découper la chaine sonore en unités mots, puis des mots en syllabes, avant de s'attarder à porter l'attention des élèves vers les unités phonémiques (Ministère de l'Education Nationale, 2015, 2016). Pour ce faire, les enseignants peuvent, à titre d'exemple, faire usage de chants, de comptines, d'activités de dénombrement de syllabes d'un mot en le scandant par un rythme frappé ou à l'aide d'un support visuel, trier des images en fonction d'une rime ou d'un phonème cible.

En parallèle, le programme met aussi l'accent sur la découverte élémentaire du principe alphabétique. S'il ne s'agit pas encore de l'apprentissage exhaustif des valeurs phonémiques de l'ensemble des graphèmes de la langue, les élèves doivent être amenés à comprendre que le code écrit n'a pas une valeur sémantique directe, mais que les lettres codent des sons. Cette sensibilisation au principe alphabétique va de pair avec l'apprentissage de l'alphabet, les élèves étant amenés à connaître et à savoir nommer les lettres de l'alphabet sous leurs différentes formes d'écriture (majuscule, script et cursive).

En maternelle, l'accès au langage écrit est également préparé en habituant l'enfant au support du langage écrit (littérature jeunesse principalement), mais aussi en découvrant l'ensemble de

ses fonctions (transcrire le langage oral, garder en mémoire, transmettre un message à une personne absente) et en les initiant à la production d'écrit (dictée à l'adulte).

L'ensemble des activités peuvent se faire un groupe classe, mais afin de favoriser la participation de chaque élève, ces activités peuvent également être proposées en groupe plus restreint.

4.2. Les entraînements « classiques »

Au vu des résultats des travaux cités précédemment, et en cohérence avec le programme officiel de l'école maternelle, une place importante est donnée au développement des compétences phonologiques et à l'apprentissage du principe alphabétique afin d'obtenir des bénéfices sur la compréhension et l'utilisation de la médiation phonologique. C'est pour cela que des entraînements spécifiques portant sur la métaphonologie, la connaissance de l'alphabet et du principe alphabétique ont été développés.

Les entraînements visant le développement de la conscience phonologique permettent ainsi de faciliter l'apprentissage de la lecture (Ecalle et Magnan, 2002 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013 ; Zorman, 1999). A titre d'exemple, Zorman (1999) a testé l'efficacité d'un entraînement à la conscience phonologique sur les enfants en grande section de maternelle. Sur l'ensemble des élèves évalués en pré-test (tests de conscience phonologique, mais également en mémoire à court terme phonologique, répétition de non-mots, vocabulaire et connaissance du nom des lettres), un groupe d'enfants a reçu un entraînement oral qui visait à développer la capacité d'analyse explicite de la parole. Les résultats post-test montrent que les capacités en conscience phonologique du groupe expérimental ont davantage évoluées que celles du groupe contrôle. Ces progrès sont plus notables dans les épreuves de suppressions syllabiques et phonémiques. Il devient donc possible de développer les compétences phonologiques en amont de l'enseignement formel de la lecture, et par conséquent de rendre cet apprentissage plus accessible. L'auteur préconise même la mise en place de ce genre d'entraînement durant l'apprentissage de la lecture, en classe de CP.

Il a également été mis en évidence au début de ce travail que les connaissances autour des lettres de l'alphabet étaient fondamentales pour l'apprentissage de la lecture et pouvaient constituer un précurseur de la conscience phonémique (Hillarait de Boisferon et al., 2010).

L'étude de Biot-Chevrier et al., (2008) vient conforter cette hypothèse. Dans cette étude, 74 enfants de moyenne section de maternelle ont été divisés en deux groupes en fonction de leurs résultats à une épreuve de nomination et d'écriture de lettres cibles (L, P, S, T) : groupe « connaisseurs » et groupe « non connaisseurs ». À la fin du pré-test, les auteurs ont proposé aux enfants une épreuve de discrimination de phonèmes initiaux. Les items proposés commençaient par une des quatre lettres cibles précédemment utilisées. Les deux groupes ont échoué. Les auteurs ont alors proposé au groupe « connaisseurs » un renforcement à la reconnaissance et à l'écriture des lettres cibles. Le post-test a alors mis en évidence que tous les enfants de ce groupe avaient acquis la capacité à dénommer et à écrire ces lettres. A posteriori, les deux groupes sont soumis à une épreuve d'écriture de pseudo-mots, et deux épreuves de conscience phonologique (identification d'une syllabe commune entre deux mots [tâche épiphonologique] et extraction d'une syllabe ou d'un phonème commun à deux mots [tâches métaphonologiques]). En ce qui concerne l'épreuve de production de pseudo-mots, le groupe « connaisseurs » ont de meilleurs résultats. Les deux groupes ne se distinguent pas significativement pour l'épreuve épiphonologique. Toutefois, ils se distinguent par leurs résultats à l'épreuve métasyllabique.

Selon l'interprétation des résultats obtenus, Biot-Chevrier et al. (2008) expliquent tout d'abord que la connaissance du nom des lettres permet d'amorcer l'apprentissage orthographique, le groupe « connaisseur » ayant obtenu des résultats significativement supérieurs à ceux du groupe « non connaisseur » à l'écriture des pseudo-mots. Les enfants du groupe expérimental auraient donc compris, grâce à l'entraînement proposé, que les lettres sont la base du lien entre le langage oral et du langage écrit. De plus, leurs compétences en conscience phonologique seraient également plus développées, au vu de la différence significative obtenue à l'épreuve d'extraction de la syllabe cible (épreuve de nature métasyllabique). Ainsi, l'apprentissage de l'alphabet, incluant la reconnaissance, la dénomination et l'écriture des lettres, semble bien favoriser l'accès au langage écrit.

Gentaz et al. (2013) ont proposé d'évaluer les effets d'un entraînement à la lecture chez des enfants scolarisés en CP. Cette étude a été menée à grande échelle, incluant la participation de plus d'une cinquantaine d'écoles soit 2398 élèves divisés en un groupe contrôle et un groupe témoin. Il s'agissait de faire pratiquer, par les enseignants volontaires des classes, un programme d'entraînement spécifique et systématique centré sur le développement des capacités de décodage et de compréhension. En termes de procédure, il a fallu tout d'abord former les participants c'est-à-dire les enseignants volontaires à l'entraînement proposé. Des

évaluations pré-test ont été mises en place et ont permis de tester les compétences associées à la lecture, l'évaluation de la compréhension orale et lexicale et les capacités de pré-lecture de mots réguliers ou de pseudo-mots. L'entraînement portait sur les habiletés phonologiques, de décodage, de compréhension et de fluence en lecture. Des bilans post-intervention, ont été réalisés. Contrairement à ce qu'on aurait pu penser, les résultats obtenus lors des évaluations finales n'indiquent pas d'amélioration significative des enfants du groupe expérimental comparativement aux performances des enfants du groupe contrôle. Pourtant l'entraînement était basé sur des connaissances empiriques concernant l'accès au langage écrit et ses compétences sous-jacentes.

Certaines limites de cette étude de grande ampleur peuvent expliquer les résultats. Tout d'abord les enseignants qui devaient pratiquer les entraînements non pas disposés de suffisamment de temps pour être formés et préparés à l'entraînement, ou encore être accompagnés durant celui-ci, et cela du fait des contraintes temporelles du projet. Finalement, seules des classes de CP ont été concernées, là aussi du fait des contraintes temporelles, alors qu'il aurait été intéressant de pouvoir initier ses entraînements dès la maternelle (Gentaz et al., 2013).

Même si cette étude ne vient pas confirmer les bénéfices des entraînements pour faciliter l'apprentissage de la lecture, il est tout de même possible grâce à elle, de mettre en avant des aspects méthodologiques importants. La mise en œuvre d'entraînement serait plus pertinente dès l'école maternelle, soit en amont de l'apprentissage explicite de la lecture, et également de façon longitudinale. De plus il est important que les intervenants qui pratiquent ces entraînements soient formés à l'utilisation du matériel.

Si la conscience phonologique et les renforcements autour de la connaissance des lettres peuvent faire l'objet d'interventions distinctes pour les élèves, il semblerait toutefois que les entraînements combinant le développement de la conscience phonologique, la connaissance des lettres et les associations graphèmes-phonèmes soient encore plus efficaces, comme le souligne (Bara, Gentaz, et Colé, 2004).

4.3. Entrainer les habiletés cognitives

D'autres types d'entraînements peuvent également être mis en œuvre pour les apprentis

lecteurs. Certains peuvent concerner les fonctions cognitives et exécutives, telle que la mémoire de travail (Karbach, Strobach, et Schubert, 2015; Loosli, Buschkuehl, Perrig, et Jaeggi, 2012).

L'effet d'un entraînement de la mémoire de travail a par exemple été testé par Loosli et al. (2012). Dans cette étude, les auteurs testent l'efficacité d'un entraînement court et intensif (5 jours par semaine sur deux semaines) axé sur le développement de la mémoire de travail et de son effet sur les compétences en lecture. Un groupe expérimental et un groupe contrôle sont constitués, chacun incluant 20 enfants âgés de 9 à 11 ans. Les compétences en mémoire de travail, l'intelligence non verbale et les compétences en lecture (de pseudo-mots, de mots et de textes) sont évaluées en pré et post-test. L'entraînement, informatisé, consiste en une tâche complexe d'empan, nécessitant des compétences de traitement, d'encodage, de stockage et de rappel, avec sur matériel auditivo-visuel. Ainsi, l'entraînement proposé par les auteurs vise le développement à la fois de la capacité de stockage, mais également des fonctions mises en œuvre par l'administrateur central pour le traitement de l'information. D'après les résultats, le groupe expérimental a non seulement amélioré ses compétences en mémoire de travail, mais également en lecture de mots et de texte. Les auteurs n'obtiennent pas dans leur analyse statistique, des résultats montrant que les enfants entrainés ont significativement plus de facilités en lecture de pseudo-mots. Loosli et al (2012) expliquent se fait en argumentant que la tâche d'entraînement est une tâche complexe d'empan, qui d'une manière générale est plus en lien avec la compréhension et la vitesse en lecture, moins avec le décodage.

Plus récemment, Karbach et al. (2015) ont conforté les résultats de Loosli et al. (2012) quant à la possibilité de développer les compétences en lecture par des entraînements de la mémoire de travail. Ces auteurs ont proposé un entraînement cognitif à un groupe expérimental de 14 enfants d'âge moyen de 8 ; 4 ans, appariés à un groupe contrôle. L'objectif de cette étude est de mettre en lien la mémoire de travail avec les résultats obtenus en mathématiques et en lecture. Dans le cadre du pré et post-test, les compétences en inhibition et en flexibilité mentale ont également été mesurées. D'après les résultats obtenus, l'entraînement améliorerait la mémoire de travail des enfants, même trois mois après l'entraînement. Des bénéfices sont obtenus pour les compétences en lecture (épreuve globale incluant l'évaluation des compétences en décodage, lecture et compréhension), mais ni en mathématiques ni dans les fonctions exécutives mesurées (inhibition, flexibilité). Les auteurs mettent également en avant que l'amélioration des performances en mémoire de travail et en lecture pourrait être due à un meilleur contrôle attentionnel, particulièrement sollicité lors des tâches de

l'entraînement.

Toutefois, les recherches empiriques ne sont pas unanimes quant à l'efficacité de tels entraînements, et quant à l'existence d'un lien entre la lecture et la mémoire de travail. Ainsi, Banales, Kohnen et McArthur (2015) proposent 4 études de cas d'enfants présentant un faible niveau de lecture et une faible mémoire de travail. Le protocole d'intervention mis en place propose chronologiquement neuf étapes, avec un pré-test, huit semaines de latence suivies d'un second test, huit semaines d'entraînement pour développer la mémoire de travail, un troisième test, une seconde période de latence de huit semaines, suivie d'un quatrième test, puis un entraînement de 8 semaines à la lecture, pour finir avec une cinquième évaluation. Les résultats obtenus par les quatre enfants indiquent que l'entraînement de la mémoire de travail développe les compétences mnésiques, et que l'entraînement à la lecture améliore bien le niveau de lecture. Toutefois, l'entraînement à la mémoire de travail n'a pas eu d'effets sur la lecture, et réciproquement. Si pour les auteurs, aucun lien causal entre la mémoire de travail et la lecture n'a été mis en évidence, il faut nuancer ses résultats puisqu'il ne s'agit que d'études de cas, et non d'une étude sur une population représentative (Banales et al., 2015).

4.4. Conclusion sur les entraînements pour faciliter la lecture

Il semble important de mettre l'accent sur quelques aspects techniques relatifs aux entraînements visant à développer les compétences en lecture. Ainsi, pour les entraînements purement phonologiques, Bara et al. (2004) mettent en avant que les effets obtenus peuvent dépendre de plusieurs facteurs, par exemple :

- Le choix des tâches pour développer la conscience phonologique (les tâches phonémiques de fusion et de segmentation développeraient plus efficacement la conscience phonologique),
- La transparence de l'orthographe de la langue,
- La présence du support visuel des lettres étudiées,

Selon eux, d'une manière plus générale, les entraînements devraient se faire de manière préventive, en amont de l'apprentissage de la lecture. Ils seraient plus efficaces si les enfants étaient pris en charge en petits groupes. De la même manière, ils seraient plus profitables aux

enfants s'ils étaient animés par une personne autre que l'enseignant. Finalement, il faut aussi prendre en compte que les effets obtenus à l'aide des entraînements varient en fonction du niveau de lecture (Sprenger-Charolles et Colé, 2013). Ainsi, plus les enfants ont des difficultés en lecture, plus les améliorations obtenues sont significatives.

5. Synthèse sur la lecture

La lecture est un processus de communication qui vise à obtenir une information à partir du décryptage d'un code visuel. Ainsi, son apprentissage consisterait à développer, au fil du temps et dans un processus continu et interactif, les compétences nécessaires à la reconnaissance du mot écrit. Pour ce faire, plusieurs stratégies sont mises en place par les enfants. La stratégie logographique serait la première d'entre elles, mais rapidement abandonnée au profit des stratégies alphabétique et lexicale. La stratégie alphabétique utilise la médiation phonologique pour déchiffrer les mots écrits. Il s'agit du processus de conversion des graphèmes en phonèmes par l'application du principe alphabétique. La stratégie alphabétique constitue le moteur de développement de la voie lexicale qui associe directement la forme orthographique des mots à leurs valeurs sémantique et phonologique. Ces deux voies de lecture se développent progressivement et en parallèle et sont, toutes les deux, indispensables au lecteur expert, chez qui l'activation de ces deux voies de lecture est automatique.

Pour le bon fonctionnement des mécanismes de reconnaissance des mots, l'intégrité des diverses compétences est indispensable. La révision de la littérature effectuée a mis en avant l'importance de la conscience phonologique. Elle permet l'analyse consciente et explicite des sons constituant le langage oral, et est indispensable au développement des stratégies alphabétiques de reconnaissance de mots. Sa valeur prédictive sur les futures performances en lecture est indiscutée et elle permettrait de dépister précocement des enfants susceptibles d'avoir des difficultés dans l'accès au langage écrit.

En outre, les habiletés cognitives sont également importantes pour apprendre à lire. Les capacités de stockage en mémoire de travail, tout comme le contrôle exécutif pour le

traitement de l'information nécessitant la mise en œuvre des capacités attentionnelles et des processus d'inhibition sont indispensables lors du processus de décodage. Diverses études ont déjà mis en lien la mémoire à court terme, la mémoire de travail et l'inhibition avec les compétences en lecture.

L'apprentissage de la lecture est un tel enjeu que des programmes d'entraînements spécifiques pour préparer et favoriser son apprentissage se sont développés. Dans une perspective qui considère la lecture comme une activité linguistique et langagière, ils peuvent se focaliser sur le développement de la conscience phonologique, la compréhension du principe alphabétique, l'apprentissage du code graphophonologique. Ces entraînements peuvent également être axés sur la mémoire de travail et les fonctions exécutives, puisqu'il s'agit de compétences indispensables à tout apprentissage.

Toutefois, s'il paraît clair que les compétences phonologiques et cognitives sont déterminantes dans l'accès au langage écrit, il nous paraît maintenant pertinent de considérer la participation des fonctions sensorimotrices dans ce processus, en prenant en compte l'apport de la psychomotricité, qui peut définir la lecture comme un acte perceptivo-moteur.

Chapitre 2 : Éducation psychomotrice et accès au langage écrit

Ce chapitre a pour premier objectif d'expliciter le concept de psychomotricité. Après avoir mis en avant les différents types de pratiques psychomotrices, c'est le domaine de l'éducation psychomotrice qui sera abordé plus en détail, en décrivant ses pratiques historiques et en discutant ses fondements théoriques. La lecture sera définie ensuite comme un acte psychomoteur, et des études récentes pouvant être rapprochées des pratiques en éducation psychomotrice pour favoriser l'accès au langage écrit seront mises en avant.

1. Généralités sur la psychomotricité

1.1. Définition et compétences associées

La psychomotricité peut être entendue comme un domaine d'étude pluridisciplinaire qui met en lien les compétences motrices et la structure psychologique de l'individu, entendue au sens large du terme, autrement dit son développement psychoaffectif, cognitif et psychosocial. Le concept de psychomotricité, qui se base donc sur le principe de l'unité entre le corps et l'esprit, se fonde sur des éléments théoriques empruntés aux neurosciences, à la psychologie génétique ou encore à la psychanalyse. Elle inclut une sémiologie spécifique aux troubles psychomoteurs et un vaste champ de pratiques, techniques et d'interventions (Rigal, 2009).

L'organisation psychomotrice de l'individu dépendrait ainsi du bon développement d'un certain nombre de compétences (la tonicité, la latéralité, le schéma corporel, la structuration spatio-temporelle, et les compétences motrices) qui théoriquement sont en interaction les unes avec les autres.

En premier lieu, l'un des éléments de base de l'organisation et du développement psychomoteur est le tonus musculaire, défini comme l'état de contraction des muscles du corps, en fonction du comportement à atteindre. Le tonus est particulièrement en lien avec l'état émotionnel de l'individu, tout comme il est le point de départ de l'activité motrice. La régulation tonique est donc une compétence particulièrement importante en psychomotricité car elle met en lien les états psychoaffectifs et la motricité. En outre, le tonus interagirait avec la construction du schéma corporel par la sensibilité proprioceptive et le processus de latéralisation (Da Fonseca, 2007; De Lièvre & Staes, 2012; Vaivre-Douret, 2006b).

En second lieu, la dominance latérale se définit comme l'utilisation fonctionnelle préférentielle d'une partie du corps, c'est-à-dire, plus communément être droitier ou gaucher. La latéralisation est en lien avec la spécialisation hémisphérique cérébrale qui permet alors le développement des compétences neuropsychologiques. De plus, elle permet l'organisation de la motricité de l'individu par l'établissement d'un hémicorps plus tonique, préparé préférentiellement pour l'action (Da Fonseca, 2007).

Un autre facteur central dans l'organisation psychomotrice, mais plus généralement du développement de l'individu, est le schéma corporel. Il s'agit d'une manière générale de la connaissance que l'on a de son propre corps, qui serait en fait indispensable à la réalisation des gestes. En effet, le schéma corporel, référentiel spatial du corps, permet l'ajustement de la motricité et la construction de l'espace environnant. Un bon schéma corporel semble donc indispensable à l'interaction adaptée entre le sujet et son milieu.

La structuration spatiale concerne l'ensemble des capacités à s'organiser, se repérer et se situer dans l'espace environnant, incluant l'orientation de l'espace du corps (droite-gauche). Cette compétence dépendrait étroitement de l'intégration du schéma corporel et du processus de latéralisation. En complémentarité avec la structuration dans l'espace, la structuration temporelle est la capacité à s'organiser, se repérer et se situer dans le temps, et inclut par extension les compétences rythmiques. Indissociable de l'espace, la structuration temporelle est également importante pour la réalisation de l'action motrice qui doit être temporellement planifiée et exécutée (Da Fonseca, 2007; De Lièvre & Staes, 2012; Vaivre-Douret, 2006b).

Finalement, la psychomotricité s'intéresse au développement moteur (équilibre statique et dynamique, coordinations et dissociations motrices globales et manuelles) et à l'activité praxique, c'est-à-dire à la réalisation de gestes intentionnels dirigés vers un but, et toujours encadré dans un référentiel spatial et temporel. Elle prend également en compte les fonctions

cognitives et exécutives indispensables à l'activité praxique comme l'inhibition, l'attention et la mémoire.

Il est admis dans la pensée des psychomotriciens que les différentes compétences décrites en amont sont en interaction. Seule l'intégration de celles-ci, sous couvert d'une maturation neurologique normale et du bon développement psychoaffectif, pourrait permettre un développement global et harmonieux (Da Fonseca, 2007).

1.2. Pratiques et techniques d'intervention en psychomotricité

1.2.1 Rééducation, thérapie et éducation psychomotrice

En France, le psychomotricien est, de prime abord, un professionnel paramédical. Il pratique les actes définis par le décret n°88-659 du 6 mai 1988, à savoir l'examen psychomoteur, l'éducation et la stimulation précoce, la rééducation de retards du développement psychomoteur et des troubles du schéma corporel, de la dominance latérale, de l'organisation spatio-temporelle, de la régulation tonico-émotionelle, des troubles de la motricité (troubles des coordination, troubles de l'écriture, instabilité motrice…).

Les psychomotriciens sont également habilités à intervenir auprès de patients présentant une instabilité ou une inhibition psychomotrice, ou encore d'aider au traitement des retards cognitifs. Finalement, par les techniques d'approches corporelles, les psychomotriciens peuvent également soutenir le traitement des troubles du comportement, de la personnalité ou de la représentation du corps d'origine psychique.

En ce sens, les psychomotriciens pourront, en fonction d'une orientation théorique choisie ou plus généralement des besoins d'intervention spécifique, orienter leur prise en charge sur une pratique :

- rééducative, pour rétablir une fonction, une compétence dans le cadre d'un handicap, d'un trouble instrumental ou encore fonctionnel, ou
- thérapeutique, pour traiter les troubles du comportement et de la personnalité, ou finalement

- éducative, pour garantir l'intégrité du développement des enfants tant sur les aspects de son développement psychomoteur que dans le cadre des apprentissages scolaires.

La triple qualification de la technique psychomotrice (rééducative, éducative et thérapeutique) correspond aux différents courants théoriques qui ont traversé son développement. Ainsi, l'aspect rééducatif renvoie aux premières formes de psychomotricité. Il s'agissait des gymnastiques qualifiées de « médico-psychologiques » qui sont apparues dès les années 1900, influencées par les avancées scientifiques de la neurologie et de la psychiatrie de l'époque, et qui avaient pour objectif principal la correction des réalisations motrices par le développement de la volonté et de l'attention des sujets (Corraze, 2010; Da Fonseca, 2001; Fauché, 1994). Aujourd'hui, la qualification de rééducateur semble s'appliquer aux psychomotriciens s'inspirant des théories cognitivo-comportementales, dont l'objectif est la réduction des symptômes perceptivo-moteurs. D'une manière générale, la rééducation psychomotrice se base traditionnellement sur le corps et l'expérience motrice pour restaurer les compétences altérées, chez l'enfant, l'adulte ou la personne âgée. Traditionnellement, un examen psychomoteur préalable vient définir les compétences psychomotrices déficitaires responsables des difficultés observées. Le psychomotricien établit alors les objectifs et les méthodes de rééducation. L'avancée de la prise en charge est réévaluée jusqu'à la fin du traitement (Da Fonseca, 2001).

Par opposition au courant rééducatif, l'aspect thérapeutique de la discipline s'est développé sous l'influence de la psychanalyse. La rééducation est devenue au cours des dernières décennies une thérapie à médiation corporelle. La réduction des symptômes perceptivo-moteurs est passée au second plan. L'important devient le travail de relation et d'expression, qui permettrait, selon les praticiens influencés par ce courant, la libération du sujet (Fauché, 1994 ; Rigal, 2009).

Finalement, les pratiques en éducation psychomotrice sont nées, à partir des années 1950, de l'intérêt de la psychomotricité pour la rééducation des troubles des apprentissages de l'enfant, mais également dans une optique de rébellion face au système éducatif de l'époque. Rejetant le dualisme corps-esprit, c'est la globalité de l'enfant qui est pris en compte, en faisant de son corps et de son expérience sensori-motrice une médiation pour l'accès aux savoirs (Fauché, 1994; Le Roux, 2005).

1.2.2 Techniques et médiation en psychomotricité

Afin de compléter cette présentation générale de la psychomotricité, les différentes techniques et médiations utilisées par les psychomotriciens dans leur pratique, qu'elles soient éducatives ou rééducatives, seront présentées succinctement. Le décret de compétences des psychomotriciens signale explicitement l'utilisation de méthodes telle que les techniques de relaxation, d'éducation gestuelle, d'expression corporelle et plastique, d'activités rythmiques, mais également de jeu, d'activités d'équilibration ou de coordination.

Plus récemment, les techniques et médiations psychomotrices, qui peuvent être qualifiées de techniques corporelles, soit d'inspiration cognitivo-comportementale soit d'inspiration analytique, ont été regroupées, par Giromini, Albaret, et Scialom (2015) en :

- méthodes de relaxation (thérapeutique, analytique, dynamique, cognitivo-comportemental…) permettant, en plus de la régulation du tonus musculaire, la détente psychique de l'individu et la gestion de ses émotions ;
- méthodes à médiation sensorielle (le toucher thérapeutique ou la stimulation sensorielle par exemple) ;
- méthodes perceptivo-motrices ou à dominance cognitive (comme par exemple la technique graphique d'extension, la méthode CO-OP ou la gestion mentale), utilisées notamment dans le cadre de rééducations psychomotrices instrumentales pour les enfants souffrants de troubles spécifiques des apprentissages (notamment la dyspraxie, ou la dysgraphie).
- la ludothérapie, les techniques à médiation corporelles et les méthodes à médiation artistique (expression musicale et rythmique, chant, danse, jeu dramatique), utilisées plus généralement à des fins thérapeutiques mais également à des fins rééducatives. En effet, Giromini et al. (2015) recommandent le travail musical et rythmique pour les enfants souffrant par exemple de troubles instrumentaux tels que les troubles spécifiques des apprentissages scolaires, sans pour autant étayer leur propos.

Les psychomotriciens pourraient également, après la réalisation de formations complémentaires, introduire dans leur pratique des activités liées à la rééducation logico-mathématique, ou encore à l'activité physique adaptée (Giromini et al., 2015).

La psychomotricité est donc un vaste champ disciplinaire, dont les influences théoriques, les pratiques et les méthodes utilisées sont diverses. La suite de cette thèse se centrera sur le courant de l'éducation psychomotrice avec son histoire, ses pratiques historiques et ses fondements théoriques. Par la suite, les éléments empiriques en faveur d'une approche psychomotrice de la pédagogie de la lecture seront discutés.

2. Education psychomotrice : histoire et fondement

2.1. Pratiques historiques en l'éducation psychomotrice

D'après Le Roux (2005), deux conceptions différentes de l'éducation psychomotrice ont coexisté dans l'histoire. Les travaux de Le Boulch (1976), de Lapierre et Aucouturier (1978) et la méthode du Bon Départ, connue plus récemment sous le nom de méthode neuro-psychomotrice OUROS (Mucchielli-Bourcier, 2001) illustrent cette dichotomie.

Le Boulc'h (1976) est le fondateur de la psychocinétique, technique d'éducation psychomotrice composée d'exercices structurés pour développer les compétences psychomotrices instrumentales, auxquels sont associés des jeux de règles et de socialisation. Le Boulc'h préconise sa technique pour tous les enfants de 6 à 12 ans. Par la psychocinétique, l'auteur vise le développement global des fonctions psychomotrices dont la bonne maturation serait une condition nécessaire aux apprentissages scolaires et plus précisément pour la lecture, l'écriture et l'éducation physique (Le Boulc'h, 1976). Néanmoins, dans son manuel descriptif de la méthode, aucune étude empirique ne décrit véritablement les bénéfices possibles de la psychocinétique sur le rendement scolaire. De plus, il n'indique pas clairement si l'intervention psychomotrice permet d'une façon générale un meilleur développement cognitif de l'enfant, ce qui induirait de meilleures performances scolaires, ou s'il admet l'existence d'un lien direct entre les compétences psychomotrices et les apprentissages. Ainsi, la pratique de la psychocinétique peut être comprise comme une éducation psychomotrice instrumentale dont l'objectif et de faciliter les apprentissages scolaires chez l'enfant.

En parallèle, et comme l'expliquent Valentin-Lefranc et Pavot (2015), les autres pratiques de l'éducation psychomotrice tirent leur fondement des méthodes mises en avant par certains pédagogues de renom tel que Montessori, Freinet ou encore Decroly. Ainsi, dans les années 70, Lapierre et Aucouturier proposent une pratique pédagogique se basant essentiellement sur la réalisation d'exercices sensorimoteurs afin de pouvoir accéder à des représentations symboliques. Pour ces auteurs, l'acquisition des notions fondamentales ou le développement du raisonnement mathématique se fait à partir de mises en situation concrètes d'un vécu corporel qui doit permettre l'abstraction (Fauché, 1994). Par exemple, pour comprendre la différence entre le contraste dur/mou, Lapierre et Aucouturier (1978) proposent plusieurs activités comme par exemple, la manipulation tactile de différents objets, la catégorisation des objets (placer tous les objets durs ensemble), l'expérience corporelle de contraction (corps dur) et de relâchement (corps mou), ou encore des associations symboliques entre ces concepts et une couleur (les couleurs vives et fortes seront associées au concept « dur », les nuances pâles seront associées au concept « mou »). Chez ces auteurs, la performance fonctionnelle de l'équipement psychomoteur, autrement dit le développement des compétences psychomotrices, n'est pas mise au-devant de la scène. Ce qui compte c'est l'expérience vécue et le chemin vers l'activité symbolique. Les pratiques semblables à celles proposées par Lapierre et Aucouturier (1978) définissent ainsi une pédagogie psychomotrice, où la manipulation, l'expérience corporelle et l'action motrice permettent l'accès et l'intégration des concepts. Ici, les apprentissages se présentent à l'enfant comme des activités vécues, perçues (c'est-à-dire sensori-motrices libres, puis dirigées vers un acte cognitif) et symboliques. Les auteurs appliquent cette pratique, avant tout, pour la connaissance des notions fondamentales comme les contrastes (dur/mou, haut/bas, etc.) et ne semblent pas proposer d'activités qui seraient applicables aux apprentissages scolaires fondamentaux, notamment pour le développement des compétences en lecture.

Finalement, une autre pratique psychomotrice a longtemps été utilisée pour prévenir les difficultés scolaires. Il s'agit de la méthode neuro-psychomotrice OUROS, anciennement méthode du « Bon Départ » (Mucchielli-Bourcier, 2001). Elle a été conçue pour préparer les enfants aux apprentissages scolaires fondamentaux. En effet, la méthode du « Bon Départ », a été utilisée pour favoriser l'acquisition de la lecture – écriture en proposant des activités

mettant en lien des figures graphiques, associées à des déplacements dans l'espace et de la musique (comptines et rythme). Cette méthode a comme objectif l'intériorisation des formes graphiques élémentaires pour préparer l'écriture, mais plus généralement le développement de la structuration spatiale et temporelle, en théorie nécessaire, voire indispensable, aux apprentissages scolaires et donc à l'acquisition de la lecture. L'intérêt de cette méthode, même si non validée scientifiquement, est d'utiliser la psychomotricité dans sa globalité et dans une perspective multimodale (auditivo-temporelle pour la musique et les comptines, visuo-spatiale et kinesthésique grâce aux symboles graphiques et au déplacement dans l'espace). Même si on cherche à structurer des compétences psychomotrices instrumentales, en termes de graphisme, d'organisation spatiale et temporelle, la méthode permet surtout de développer les capacités d'intégration psychomotrice, notamment sur le mode visuo-auditivo-kinesthésique, qui, en théorie, faciliteront les apprentissages, notamment celui de la lecture. Ici, la musique est choisie comme médiation pour stimuler les compétences psychomotrices instrumentales. Pourtant, aucune étude dans la littérature scientifique ne semble avoir démontré clairement les avantages de la méthode OUROS sur la lecture. Elle retiendra toutefois l'attention, dans le sens où l'utilisation de la musique et du rythme met en jeu le développement de la structuration temporelle et des compétences psychomotrices en général (Mucchielli-Bourcier, 2001).

À l'heure actuelle, en France, les pratiques d'éducation psychomotrice semblent peu fréquentes. Peu de publications récentes ont conforté les pratiques de la psychocinétique de Le Boulc'h, celles de Lapierre et Aucouturier ou encore l'utilisation de la méthode OUROS. Les publications les plus récentes sur l'éducation psychomotrice sont celles de Rigal (1996), au Canada, et de De Lièvre et Staes (2012) en Belgique. Rigal (1996) propose une revue de littérature, relativement exhaustive quant aux liens entre les fonctions psychomotrices et les apprentissages scolaires. Les auteurs belges proposent, quant à eux, une série d'exercices psychomoteurs destinés aux enfants dans le cadre de l'école. Les exercices concernent le développement des fonctions psychomotrices instrumentales, qui sont directement mises en lien avec les compétences scolaires (De Lièvre et Staes, 2012).

Ainsi, il paraît important de retenir, en ce qui concerne les pratiques historiques en éducation psychomotrice que :

- la pensée psychomotrice admet que le développement psychomoteur, avec en particulier le domaine spatio-temporel, est un prérequis aux apprentissages scolaires,
- l'expérimentation et la manipulation, par une approche corporelle et sensori-motrice, facilite l'accès au savoir,
- l'intégration multimodale, qui est inhérente à l'activité psychomotrice, influence le traitement de l'information et favoriserait ainsi les capacités d'apprentissage des enfants.

2.2. Fondement théorique de l'éducation psychomotrice

Même s'il est de sens commun de considérer que les individus, et plus particulièrement les enfants, sont capables d'apprendre par le biais de leurs actions motrices, sources d'informations nouvelles (Weil-Barais, 2005), mettre en lien et expliquer les relations existantes entre les compétences psychomotrices, le développement cognitif et les apprentissages restent des tâches difficiles à entreprendre. La question du fondement théorique de l'éducation psychomotrice, et plus précisément l'importance de la motricité pour le développement de l'intelligence, en adéquation avec les différentes pratiques mises en avant précédemment, reposerait ainsi sur deux paradigmes essentiels :

- l'importance de l'expérience vécue et de la manipulation pour le développement de l'intelligence et l'accès aux savoirs,
- les liens et les interactions entre le développement psychomoteur et le développement cognitif et /ou les compétences scolaires.

Ces deux points, complémentaires, vont maintenant être développés.

2.2.1 De l'expérience motrice à l'abstraction

Il paraît impossible, en soulevant la question du lien entre le développement moteur et cognitif, d'éluder la théorie du développement de Piaget (Bideaud, Houdé, et Pedinielli, 2015; Rigal, 2009), qui considère que, de manière inévitable, la connaissance se construit par

l'expérience sensorimotrice de l'enfant. Celle-ci renvoie avant tout à un processus à travers lequel l'enfant opère une action, qu'elle soit motrice ou mentale, sur un objet. L'enfant, à partir de ses « schèmes », va pouvoir développer sa connaissance de l'environnement extérieur à travers l'expérience vécue, par le biais de deux procédés : l'assimilation dans le cas où l'objet de l'environnement peut être mis directement en correspondance avec des schèmes déjà connus de l'enfant, ou l'accommodation si l'objet nécessite leurs réorganisations.

Ainsi, pour Piaget, le développement cognitif passe par quatre étapes (figure 9) dont la première est un stade sensorimoteur, où l'expérience motrice et corporelle occupe une place prépondérante. Au cours de cette période, qui durerait de la naissance jusqu'à environ deux ans, le bébé commence par s'adapter au monde grâce à sa motricité réflexe, pour progressivement acquérir des compétences en lien avec ses expériences et agir, par la suite, de manière de plus en plus intentionnelle sur le monde qui l'entoure (Bideaud et al., 2015; Rigal, 2009). À partir de ses expériences sensorimotrices, l'enfant pourra atteindre l'intelligence opératoire. Il est également possible de distinguer l'abstraction empirique, qui est l'aboutissement direct de l'expérience vécue, et l'abstraction réfléchissante si l'action du sujet se tourne vers sa pensée elle-même (Rigal, 2009 ; Weil-Barais, 2005).

La base de la construction de l'intelligence chez l'enfant est la manipulation et l'expérience sensorimotrice. Ce premier stade du développement cognitif, met en avant une intelligence essentiellement pratique, ancrée dans l'instant vécu présent (Bideaud et al, 2005). Le stade sensorimoteur peut lui-même être décomposé en 6 sous-étapes décrites succinctement dans le tableau ci-dessous (tableau 1). D'une manière générale, l'intelligence de l'enfant naitrait de l'activité réflexe progressivement détournée pour développer les premières conduites motrices, d'abord autour du corps propre de l'enfant, ensuite tournée vers les objets.

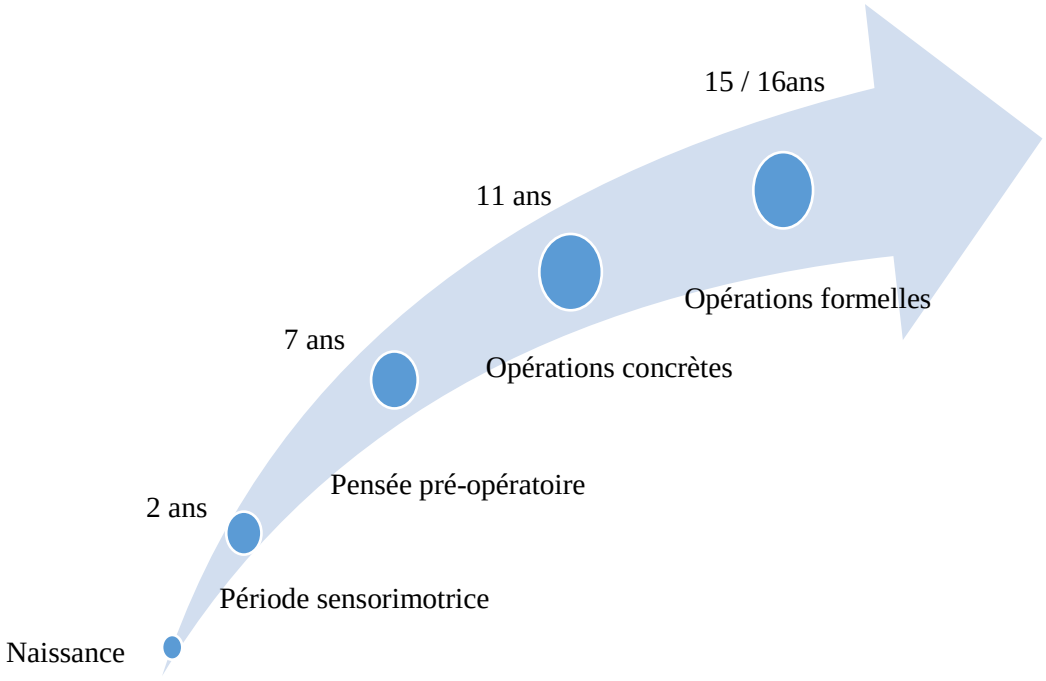


Figure 9: Etapes du développement cognitif d'après la théorie de Piaget, selon Rigal (2009).

Tableau 1 : Les six étapes du stade sensorimoteur de Piaget (Bideaud et al. 2015).

Etape 1	**Etape 2**	**Etape 3**
0 – 1 mois	*2 – 5 mois*	*5 – 9 mois*
Activité reflexe.	L'enfant passe des activités réflexes, à l'acquisition des premières conduites motrices (une action d'origine reflexe est répétée en vue de l'obtention du résultat souhaité par l'enfant.	Déplacement des réactions circulaires vers les objets de son environnement.
Etape 4	**Etape 5**	**Etape 6**
9 – 12 mois	*12 – 18 mois*	*18 – 24 mois*
Naissance de l'intelligence. L'intentionnalité guide les comportements de l'enfant. Etablissement de relations entre les objets	Emergence de la vie mentale. Affinement de l'activité intentionnelle d'exploration des objets	Transition entre l'intelligence sensorimotrice (pratique) et le fonctionnement symbolique.

Avec l'apparition progressive de l'intentionnalité et l'établissement des relations entre les objets, l'intelligence se développe, et la vie mentale et la fonction symbolique émergent.

Selon Rigal (2009, p6), l'éducation psychomotrice se définit comme une « *approche pédagogique visant l'acquisition des connaissances et la facilitation des apprentissages scolaires en utilisant le vécu moteur des enfants* » et plus précisément par l'intermédiaire des « interactions entre les actions motrices et les perceptions qu'elles génèrent ». Ainsi, l'objectif principal de l'éducation psychomotrice serait de soutenir les actions pédagogiques classiques en offrant à l'enfant des possibilités de manipulation et d'expérimentation corporelle et motrice permettant une approche multisensorielle. Cette définition soutient les pratiques d'éducation psychomotrice à versant pédagogique et met en avant le rôle fondamental de la manipulation.

Pour favoriser le développement cognitif, la manipulation doit viser la transformation de l'activité sensorimotrice en une représentation mentale intégrée (voir figure 10). Ainsi, par l'activité motrice globale ou manuelle, elle permet tout d'abord l'acquisition d'informations nouvelles par les différents systèmes sensoriels, puis le passage d'un vécu concret à l'émergence d'une représentation plus abstraite. Toutefois, pour ce faire, la manipulation ne peut se limiter à une simple activité aléatoire, mais plutôt à une activité exploratoire, éventuellement guidée par l'adulte. Une intention doit sous-tendre l'activité d'exploration, pour que la confrontation entre celle-ci et le résultat de l'action motrice conduisent l'enfant vers la compréhension des phénomènes et, par conséquent la construction d'une représentation (Rigal, 1996). De ce fait, la seule utilisation des compétences perceptivo-motrices ne pourrait suffire pour observer un effet bénéfique sur la cognition, que si la mise en situation corporelle comporte elle-même une part d'habiletés cognitives (Rigal, 2009).

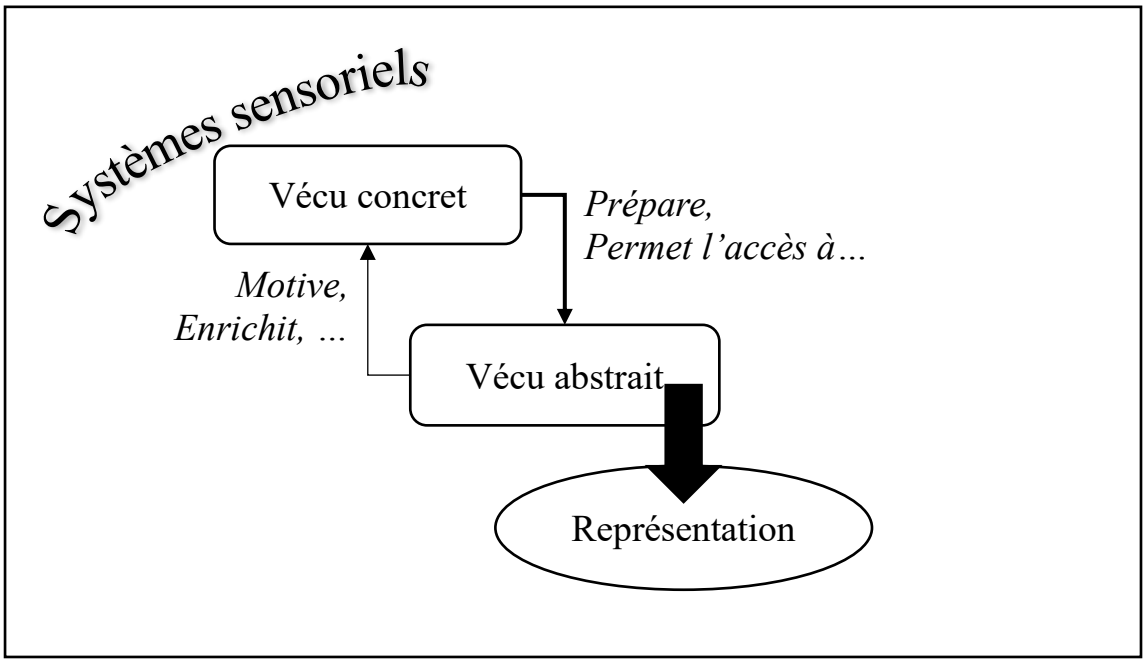


Figure 10: La manipulation selon Rigal (1996).

Si la manipulation pourrait effectivement permettre l'accès aux connaissances, reste à définir les interactions plus générales entre les compétences psychomotrices et les compétences cognitives. Cette question semble encore très controversée, sans réelle réponse franche et unanime. Le développement moteur et la dominance latérale illustreront ce fait.

2.2.2 Liens entre compétences psychomotrices, cognition et apprentissages scolaires

Le lien entre le développement moteur et le développement cognitif a fait l'objet de diverses études. Récemment, Abdelkarim et al. (2017) proposent une analyse corrélative entre les résultats obtenus à des épreuves motrices incluant l'endurance, l'équilibre, les coordinations, et une batterie d'épreuves permettant de mesurer l'intelligence abstraite, incluant des subtests évaluant la compréhension verbale, le raisonnement mathématiques et les capacités déductives. D'après les résultats obtenus, les auteurs mettent en avant que le score total en motricité corrèle positivement avec le score total d'intelligence, et plus précisément avec le subtest en raisonnement mathématiques et le subtest en compréhension verbale. En outre, l'épreuve d'équilibre est l'épreuve motrice la plus en lien avec les épreuves cognitives. A travers leur recherche, Abdelkarim et al. (2017) mettent en évidence la place centrale de l'équilibre, dont l'évolution dépend notamment du cervelet, qui est également responsable du développement des coordinations et de l'état de vigilance, en lien avec l'attention.

Piek, Dawson, Smith et Gasson (2008) se sont intéressés à l'influence des compétences motrices, globales et fines, dans le futur développement cognitif des enfants. Les auteurs proposent ainsi une étude permettant de vérifier si le développement moteur peut être un prédicteur des habiletés cognitives. Trente-trois enfants ont été recrutés dans leurs premiers mois de vie et suivis longitudinalement. Les compétences motrices des jeunes enfants ont été évaluées par l'administration d'un questionnaire adressé aux parents. Ce questionnaire a été rempli à 11 reprises entre leur 4ème et 48ème mois de vie. Lorsque les enfants ont atteint l'âge scolaire, leurs compétences motrices ont été évalué à l'aide de tests moteurs incluant entre autres des épreuves d'équilibre dynamique, comme marcher sur une ligne droite en « talon pointe », d'équilibre statique sur un pied, ou de saut. La motricité fine a été évaluée par des épreuves de dextérité manuelle et digitale. De plus, la passation de la batterie psychométrique (WISC 4) a permis de calculer des indices de compréhension verbale, de raisonnement perceptif, de mémoire de travail et de vitesse de traitement et un quotient intellectuel global. Par le traitement statistique effectué, les auteurs ont mis en avant que les compétences motrices globales précoces, évaluées à l'aide du questionnaire, prédisent les futures compétences cognitives des enfants et en particulier la vitesse de traitement et la mémoire de travail. Ainsi, pour les auteurs, le développement moteur global des enfants dans la petite enfance semble être un paramètre fondamental pour le développement cognitif ultérieur de l'enfant.

Wu, Liang, Lu et Wang (2017) se sont questionnés sur les interactions précoces entre les compétences motrices, la mémoire de travail et l'inhibition. Ils ont choisi alors de suivre longitudinalement 96 enfants. A 1 et 2 ans, les auteurs ont évalué le développement moteur des enfants avec deux échelles de développement. A l'âge de trois ans, ont été administré des épreuves de mémoire de travail (épreuve d'empan avec support visuel), d'inhibition cognitive (épreuve d'interférence), d'inhibition émotionnelle mettant en jeu la régulation des émotions et de la motivation. D'après les résultats obtenus, les compétences motrices précoces sont reliées aux compétences cognitives à 3 ans. Plus précisément, les compétences motrices globales mesurées à l'âge de 2 ans sont prédictrices des résultats obtenus à l'épreuve d'interférence (inhibition cognitive) et à l'épreuve de mémoire de travail un an plus tard. Si les auteurs mettent en avant que le développement des fonctions cognitives et exécutives pourrait effectivement dépendre du développement moteur, ils expriment également certaines limites quant à cette étude, comme par exemple la non différenciation entre les compétences

motrices globales et fines dans le test de développement utilisé, ou encore le fait que chaque fonction exécutive n'ait été évaluée que par une seule épreuve.

Toutefois, les résultats des travaux de Van der Fels et al. (2015) sont plus nuancés. Ces chercheurs proposent une méta-analyse des données empiriques autour des interactions entre le développement moteur et les compétences cognitives. Ils ont référencé les articles originaux, publiés entre les années 2000 et 2013, écrits en langue anglaise, concernant les enfants de 4 à 16 ans, en excluant les études concernant les populations pathologiques. Sur les 774 articles trouvés, 21 correspondaient à l'ensemble des critères de sélection et ont donc fait l'objet de l'analyse. En fonction des différents articles, les compétences cognitives étudiées étaient très diverses. Ont été prises en compte les fonctions exécutives, les compétences mnésiques (mémoire à court terme, mémoire de travail, mémoire à long terme), attention, compréhension verbale, raisonnement perceptif, quotient intellectuel. De la même manière, les compétences motrices pouvaient être globales et/ou fines, ou prendre en compte les capacités de manipulation d'objets et de coordination des parties du corps. D'après l'analyse effectuée, la discordance des études ne permet pas clairement ni d'affirmer, ni de réfuter les liens entre motricité et cognition. Ici, les auteurs expliquent que les liens les plus franchement établis entre les compétences motrices et cognitives, mettent en jeu les compétences motrices les plus complexes (comme les praxies fines et les coordinations), nécessitant un contrôle cognitif plus important. Ce fait pourrait donc expliquer les liens rencontrés. De plus, contrairement à l'étude d'Abdelkarim et al. (2017), la méta-analyse révèle de faibles corrélations entre l'équilibre et les compétences cognitives.

Ainsi, en ce qui concerne le développement moteur et la cognition, il est encore difficile de plaider de manière univoque pour un lien interactif et/ou de cause à effet, entre les développements moteur et cognitif. Néanmoins, la littérature met en avant un faisceau d'arguments en faveur de ce lien (Abdelkarim et al., 2017; Van der Fels et al., 2015) :

- D'un point de vue développemental, les compétences motrices et cognitives suivent une trajectoire similaire, avec un fort développement entre 3 et 10 ans,
- Les tâches motrices et cognitives activent des zones cérébrales similaires (cervelet, ganglion de la base, cortex préfrontal) et ont comme base des processus communs de séquençage, de planification et de contrôle.

Un autre facteur du développement psychomoteur qui théoriquement est en lien avec le développement cognitif est le processus de latéralisation. D'un point de vue théorique, la latéralisation, qui aboutit à la préférence d'utilisation d'un hémicorps, est un processus de spécialisation des hémisphères cérébraux. Il semble donc logique de considérer que la latéralisation est importante pour le développement des fonctions cognitives et neuropsychologiques. La méta-analyse de Ferrero, West et Vadillo, (2017) a ainsi pris en compte 26 études qui ont tenté de faire le lien entre la dominance latérale, le développement intellectuel et les compétences scolaires. Certains des articles étudiés ont pu mettre en avant des liens entre une dominance latérale mal établie et des résultats plus faibles en lecture, mathématiques, ou encore avec l'intelligence. Néanmoins, ces études ont des difficultés à être répliquées, voire contredisent des études similaires. De ce fait, la compréhension de l'effet de la latéralisation sur la cognition et les apprentissages est encore l'objet de débat.

Finalement, la structuration spatio-temporelle, considérée comme nécessaire pour les apprentissages scolaires serait une compétence fondamentalement mise en jeu dans le traitement de l'information, incluant la réception des informations sensorielles, leur analyse et leur mise en mémoire (Da Fonseca, 2007). La structuration spatiale concernerait le traitement de l'information visuoperceptive, alors que la structuration temporelle concernerait le traitement auditivo-temporel. Il est donc possible de faire un lien théorique entre la structuration spatio-temporelle est les deux systèmes de stockage de l'information de la mémoire de travail. L'efficacité du calepin visuospatial pourrait dépendre des compétences en structuration spatiale, alors que la boucle phonologique dépendrait des compétences en structuration temporelle. Cette hypothèse peut être rapprochée du modèle de la mémoire à court terme de Majerus (2013) qui met bien en avant une composante de traitement sériel de l'information. En ce sens, la structuration temporelle pourrait jouer un rôle dans les apprentissages scolaires et donc la lecture.

La question du lien entre cognition et psychomotricité est vaste et n'a pas de réponse claire et précise. Il est donc encore très difficile d'expliquer l'influence des compétences psychomotrices sur les compétences cognitives et les apprentissages scolaires.

3. Psychomotricité et apprentissage de la lecture

3.1. Définition psychomotrice de la lecture

D'un point de vue psychomoteur, la lecture est considérée comme une activité perceptivo-motrice, qui vise l'analyse visuelle d'une séquence de symboles graphiques organisés dans l'espace de la feuille qu'il faut transformer en une succession de sons (Abi-Zeid, 2009; Ajuriaguerra, 1951; De Lièvre et Staes, 2012; Rigal, 1996). La lecture est donc une activité qui fait appel à un traitement séquentiel, et donc temporel, de l'information, auquel s'ajoute une capacité de mise en synthèse d'informations sensorielles visuelles et auditives, requérant une structuration spatio-temporelle efficace. Sans cette dernière, la reconnaissance des mots ne peut aboutir, du moins pour l'apprenti lecteur utilisant la médiation phonologique pour déchiffrer les mots. En outre, l'analyse visuelle n'est efficace que s'il existe une stratégie oculomotrice adéquate. Le sens du balayage, de la gauche vers la droite et de haut en bas, doit être compris, intégré et automatisé (Ajuriaguerra, 1951; De Lièvre et Staes, 2012; Rigal, 1996).

3.2. Liens théoriques entre les compétences psychomotrices et la lecture

D'après la définition psychomotrice de la lecture, la littérature en psychomotricité met en avant un certain nombre de compétences perceptivo-motrices comme prérequis à l'accès au langage écrit. Il s'agit avant tout des compétences spatio-temporelles. Néanmoins, si l'on accepte les différentes interactions entre les compétences psychomotrices, un bon schéma corporel et une bonne latéralisation semblent également des atouts pour initier l'apprentissage de la lecture (Abi-Zeid, 2009; Da Fonseca, 2001; Rigal, 2009).

Le tableau 2 tente d'établir un lien théorique entre les compétences psychomotrices et la lecture selon De Lièvre et Staes (2012) et Rigal (1996).

Tableau 2 : Liens théoriques entre les compétences psychomotrices et l'activité de lecture selon De lièvre et Staes (2012) et Rigal (1996).

Activité psychomotrice	Lien avec la lecture
Coordination motrice, plus précisément oculomotrice	• Mouvements oculaires adaptés lors de la lecture
Latéralisation	• Maturation des fonctions neuropsychologiques, et donc maturation des centres du langage
Structuration spatiale, dont orientation droite - gauche	• Perception, traitement et mémorisation dans la modalité visuelle • Perception des formes des lettres • Discrimination de l'orientation des lettres • Mémorisation des formes orthographiques • Organisation du mouvement de lecture de gauche à droite
Structuration temporelle	• Perception, traitement et mémoire de l'information auditive • Traitement séquentiel et mémoire des lettres lors du décodage • Traitement séquentiel des mots dans la phrase • Lecture fluide avec la ponctuation

Finalement, la psychomotricité met aussi en avant que l'activité cognitive et symbolique de l'enfant doivent être suffisamment développées, afin d'accéder à la fonction sémiotique. Ceci est indispensable pour pouvoir comprendre le concept de code, et ainsi associer les différents symboles graphiques aux représentations sonores, et opérer cette transformation du signal visuel, spatial, en signal auditif, temporel (De lièvre et Staes, 2012).

De cette définition de la lecture comme un acte psychomoteur, il sera principalement retenu l'importance, du moins théorique, de l'organisation spatiale et temporelle. Ces compétences seraient primordiales dans ce processus, et leur intégrité, un prérequis indispensable. Mais si tel est le cas, leur stimulation permettrait-elle de mieux apprendre à lire ?

3.3. Education psychomotrice et lecture : les données empiriques

3.3.1. Education psychomotrice instrumentale et lecture

Comment le développement des compétences psychomotrices impacte l'apprentissage de la lecture ? A priori, peu d'études récentes ont tenté de mettre en lien l'ensemble des compétences psychomotrices, les compétences en lecture et son apprentissage. La plupart des recherches dans le domaine concerne les enfants dyslexiques. Néanmoins, au Portugal, l'étude transversale de Vilar (2010) a tenté de rapprocher les différentes compétences psychomotrices (structuration spatio-temporelle, praxies globales et praxies fines) et les compétences scolaires (lecture, conscience phonologique, écriture et mathématiques) chez 79 enfants portugais sans difficulté et en échec scolaire (sans troubles spécifiques de l'apprentissage de la lecture) fréquentant les classes de CE1 et de CM1. D'après les résultats obtenus, les compétences en structuration spatio-temporelle sont significativement inférieures chez les enfants de CE1 présentant un retard dans les apprentissages scolaires. Pour le groupe d'élèves de CM1, les résultats obtenus aux épreuves psychomotrices ne divergent pas en fonction des groupes. L'analyse corrélative ne met en évidence aucune corrélation entre les compétences psychomotrices et les apprentissages scolaires pour les enfants de CE1. Au CM1, chez les enfants présentant des difficultés d'apprentissage, le niveau de motricité globale est significativement corrélé à l'épreuve de lecture de mots et d'écriture. Chez les élèves sans difficulté d'apprentissage du même niveau scolaire, le niveau de motricité globale est significativement corrélé à une épreuve de conscience phonologique. Toutefois si des liens corrélatifs sont relevés entre les compétences psychomotrices et la lecture, elles ne sont pas systématiques et ne peuvent être interprétées comme des liens de cause à effet.

L'efficacité d'une intervention psychomotrice sur les performances en lecture a également été peu étudiée. Au Canada, l'étude de Bouchard (1975) a tenté de mettre en évidence les effets d'un entraînement psychomoteur sur l'ensemble des compétences scolaires d'enfants fréquentant le CP. Comme admis précédemment, l'hypothèse était que le développement des fonctions psychomotrices, avec un regard particulier porté sur les compétences spatio-temporelles favoriserait les acquisitions scolaires. Dans cette étude, trois groupes (deux groupes expérimentaux et un groupe témoin) composés chacun de 10 enfants ont été suivis de septembre 1972 à juin 1974. La première année, les deux groupes expérimentaux ont reçu un entraînement psychomoteur global alors qu'ont été proposées au groupe témoin des activités récréatives. La seconde année, le premier groupe expérimental a continué le programme

psychomoteur, le programme récréatif a été proposé au second groupe expérimental et au groupe témoin. Les résultats obtenus dans cette étude montrent une différence significative entre les groupes expérimentaux et témoins en ce qui concerne les variables psychomotrices. Aucune différence significative n'est observée quant aux variables intellectuelles ou aux résultats scolaires. L'auteur remet en cause ses propres conclusions à la vue du faible échantillon d'enfants participant à l'expérimentation. Néanmoins, cette étude questionne d'une manière générale les réels bénéfices de l'éducation psychomotrice.

A priori, l'étude de Bouchard (1975) serait la seule ayant testé l'efficacité d'un entraînement psychomoteur global sur les apprentissages scolaires. Cependant, certaines études semblent pointer les compétences motrices comme prédictrices des performances scolaires. Tel est le cas de l'étude longitudinale canadienne de Pagani, Fitzpatrick, Archambault et Janosz (2010) qui a questionné la valeur prédictive des compétences motrices, cognitives et comportementales d'enfants en maternelle, sur leurs futures performances scolaires en CM1. En maternelle, les compétences motrices ont été évaluées par les enseignants à l'aide d'un questionnaire développemental mesurant les compétences motrices globales (compétences physiques et motrices générales) et la motricité fine (habileté à tenir son crayon, à manipuler des objets fins) ainsi que par l'administration d'une batterie permettant de quantifier des compétences en motricité globale et en maitrise d'objets. Un autre questionnaire adressé aux enseignants avait comme objectif de décrire le comportement des enfants, notamment en lien avec l'attention, l'agitation et l'impulsivité. Finalement, les auteurs ont évalué deux compétences cognitives, plus précisément les connaissances numériques et le vocabulaire réceptif. Au niveau CM1, les auteurs ont alors évalué les compétences scolaires (mathématiques, lecture, écriture, science) à l'aide de critère qualitatif en attribuant une note entre -2 points (compétences faibles) et +2 points (bonnes compétences). De manière similaire, l'engagement des élèves dans la classe (persévérance face aux tâches scolaires, respects des règles, capacités de coopération, attention face aux consignes, finalisation des tâches), et l'engagement des élèves face à l'école (considération et importance que les enfants portent à l'école) ont été pris en compte, car considérés comme importants pour la réussite scolaire. À travers les données recueillies, les analyses statistiques ont mis en avant que les capacités motrices fines ont une valeur prédictive sur certaines compétences scolaires, plus particulièrement l'écriture et la lecture. De plus, la motricité fine en maternelle est également prédictrice de l'engagement de l'enfant en classe (Pagani et al., 2010)

En outre, et en accord avec la définition psychomotrice de la lecture, les domaines spatio-temporels devraient occuper une place particulière dans les éventuels liens entre la psychomotricité et la lecture. Plus spécifiquement, la lecture ayant pour base la perception visuelle, certains auteurs se sont intéressés aux liens entre celle-ci et les compétences visuospatiales incluses, en psychomotricité, dans l'organisation spatiale. Ainsi, le renforcement des compétences visuospatiales permettrait-il de mieux lire ?

Dans l'optique d'une réponse positive à cette question, des jeux ou activités visant à développer l'analyse visuelle et l'orientation spatiale ont été élaborés afin de préparer à l'apprentissage de la lecture en développant chez les élèves les prérequis visuospatiaux indispensables. Tel est le cas à titre d'exemple des coffrets éducatifs développés par Boulet et Bouillat (1974a, 1974b) ou encore par Bucher (1970) qui proposent des exercices de discrimination visuelle et d'orientation droite – gauche de d'images et de figures, ou des jeux d'organisation visuo-spatiale en vue de préparer et d'accompagner l'entrée dans le langage écrit. Ces coffrets d'activités s'inscrivent dans une volonté d'éducation perceptivo-motrice afin de faciliter les apprentissages scolaires fondamentaux, et notamment préparer à la lecture, mais aussi prévenir l'échec scolaire. Cependant, encore une fois, les bénéfices éventuels de ces activités, à la fois d'entraînement et de remédiation, ne semblent pas avoir été testés.

En dehors de la pensée psychomotrice, l'efficacité des entraînements visuoperceptifs ont été étudiés. Ainsi, certains auteurs ont proposé d'entraîner les capacités visuelles des enfants afin de leur permettre de faciliter l'accès au langage écrit. Cependant, comme le soulignent les analyses de données de Rigal (1996) ou de Sprenger-Charolles et Colé (2013), les entraînements visuoperceptifs n'auraient que peu d'effets sur les performances en lecture.

Ainsi, Anderson et Stern (1972) ont testé l'efficacité du programme de développement de la perception visuelle de Frostig sur les compétences en lecture d'enfants, âgés de 6 à 8 ans, présentant des difficultés dans le domaine visuospatial. Ce programme entraine les compétences telles que la perception figure-fond, la constance des formes, la coordination visuomotrice, ou encore la perception des relations spatiales. Les résultats obtenus n'indiquent pas d'amélioration significative des compétences en lecture chez les enfants ayant reçu l'entraînement Frostig en comparaison avec le groupe placebo. Dans ce cadre, il ne semble pas possible de recommander des interventions basées sur le développement des compétences

en perception visuospatiale pour prévenir ou remédier à des difficultés dans l'apprentissage de la lecture. L'étude de Buckland et Balow (1973) met en avant des conclusions similaires.

Pourtant, ces conclusions vont à l'encontre de l'étude de Zorman et Jacquier-Roux (1995) qui ont proposé à des enfants de CP un entraînement visuel afin de vérifier un bénéfice possible sur l'apprentissage de la lecture. Le protocole expérimental utilisé a défini également trois groupes (expérimental, placebo, témoin). Le groupe expérimental a reçu l'entraînement visuel, le groupe placebo a participé à un groupe de parole autour de thématiques liées à la santé, le dernier groupe a servi de contrôle. En début d'année, un test des fonctions visuelles (acuité visuelle, perception visuelle, poursuite oculaire d'objet) a été pratiqué. En mai, le niveau de lecture a été évalué par différentes épreuves donnant lieu à un score de compréhension en lecture, de vitesse en lecture et d'efficacité en lecture (rapport entre la vitesse et la compréhension). Pour observer les effets de l'entraînement visuel, les élèves ont également été séparés en fonction de leur niveau en lecture. D'après les résultats obtenus lors de cette étude, les auteurs mettent en avant que l'entraînement visuel proposé a eu un effet positif et significatif sur l'efficacité en lecture, et que celui-ci est plus efficace pour les enfants ayant des difficultés visuelles.

Dans ce cadre, l'efficacité des entraînements à la perception visuelle pour faciliter l'apprentissage de la lecture est relativement controversée. Néanmoins, si les effets d'un entraînement global à la structuration visuospatiale sont discutés, il reste à étudier les possibilités de prévention par la stimulation des compétences liées à la structuration temporelle. La structuration temporelle et son lien avec la lecture feront l'objet du chapitre suivant.

3.3.2. La pédagogie psychomotrice pour apprendre à lire

Dans une perspective de pédagogie par l'action psychomotrice, il est possible de proposer plusieurs activités pour par exemple travailler autour des prérequis à l'apprentissage de la lecture, comme par exemple la connaissance de l'alphabet. Ainsi, pour apprendre à reconnaître les lettres de l'alphabet, Vayer (in Le Roux, 2005) préconisait, pour les enfants présentant un retard intellectuel, de mimer corporellement les lettres de l'alphabet, pour permettre de mieux les percevoir et les intégrer. De la même manière, différentes activités

peuvent permettre à l'enfant de s'imprégner de la forme des lettres (Rigal, 1996), comme par exemple : les sculpter en pâte à modeler, les découper, marcher selon leur trajectoire. L'idée principale est ici de favoriser l'intériorisation des connaissances. Sans pour autant proposer d'études validant ces hypothèses, les concepts d'éducation psychomotrice admettent que ce genre de pratique pourrait aider les enfants au début de l'apprentissage de la lecture.

Si les défenseurs d'une pédagogie psychomotrice ont du mal à faire valoir l'intérêt d'une telle pratique, la psychologie a entamé ces dernières années des recherches empiriques qui semblent pointer l'utilité de l'expérience sensorimotrice pour le développement des compétences en lecture. Ainsi, l'apprentissage de la lecture pourrait-il se faire plus facilement en associant des activités perceptivo-motrices aux méthodes d'enseignement plus classiques ? Comme référé en amont, dès le début du siècle, ce type de méthodes est proposé par Maria Montessori, qui utilise les modalités visuelle, auditive et haptique pour apprendre à lire. Des études récentes mettent en évidence que l'entraînement du système haptique permet également de faciliter l'apprentissage de la lecture, et ce significativement plus que l'entraînement sur les systèmes auditifs et visuels (Chardon, 2005; Gentaz, Colé, et Bara, 2003; Sprenger-Charolles & Colé, 2013).

Chardon (2005) a mesuré l'effet d'un entraînement multimodal pour faciliter l'apprentissage de la lecture chez des élèves de CP. Cet entraînement associe les perceptions visuelles, auditives et haptiques (tactilo-kinesthésiques). Les évaluations pré et post-test ont permis de situer le niveau des enfants en compréhension, lecture de mots, maitrise du code graphophonologique, et en métaphonologie. Les habiletés graphiques ont également été évaluées. L'effectif global de l'étude a été divisé en trois groupes : expérimental (enfants entraînés, n=15), placebo (enfants recevant un renforcement en mathématiques, n=16), contrôle (enfants restant en classe, n=16). Les enfants du groupe expérimental, en plus de pratiquer des activités liées à l'intégration des phonèmes et des graphèmes, ont bénéficié d'activités telles que reproduire dans l'espace avec le bras la planification du tracé des lettres, repasser avec le doigt le contour des lettres tracées sur du papier de verre, ou encore reconnaître tactilement et sans support visuel, des lettres.

A court terme, soit après directement l'entraînement, les auteurs constatent une amélioration significative des enfants du groupe expérimental en lecture de mots, en métaphonologie et en graphisme. A plus long terme, ces enfants présentent également une meilleure compréhension en lecture (évaluation nationale niveau CE2). Cette étude montre que la modalité haptique

peut avoir toute sa place dans les entraînements à la lecture. Toutefois, elle ne mesure pas les différences entre un entraînement sans et avec les perceptions tactilo-kinesthésiques.

Par contre, l'étude de Gentaz et al. (2003) compare les effets d'un entraînement axé sur le développement de la conscience phonémique, de la connaissance de l'alphabet et des correspondances graphophonémiques, en fonction de l'utilisation, en plus, de la modalité haptique. L'ensemble des enfants (âge moyen 5 ans 7 mois) a été évalué en pré et post-test avec des épreuves de lecture de pseudo-mots, de reconnaissance de lettres, d'identification de rimes et de phonèmes. Les élèves ont été scindés en deux groupes. Le premier a reçu un entraînement métaphonologique (comptines, jeux de cartes, …) auquel a été associé un entraînement visuo-auditif (support visuel des lettres cibles de l'entraînement, …). Pour l'autre groupe, la modalité haptique était également sollicitée, en proposant aux enfants de toucher, sans contrôle visuel, des lettres en relief et en mousse. Les entraînements proposés étaient constitués de 7 séances au total. Le groupe entraîné par le biais des trois modalités sensorielles lisait significativement plus de pseudo mots que les enfants entraînés à partir des modalités visuelles et auditives. Les résultats aux épreuves post-test de conscience phonologique et de reconnaissance de lettres ne diffèrent pas statistiquement entre les groupes. Les auteurs concluent que si l'ajout de la modalité haptique n'a pas permis de renforcer les compétences en identification de lettres ou la conscience phonologique, elle a tout de même produit un bénéfice dans la compréhension du principe alphabétique (Gentaz et al., 2003).

4. Conclusion sur l'éducation psychomotrice et la lecture

Il a été mis en avant que les pratiques en éducation psychomotrice pourraient prendre deux formes distinctes. Tout d'abord, la pédagogie psychomotrice qui insiste sur la manipulation pour accéder aux concepts abstraits, invite surtout à avoir un regard tridimensionnel sur les activités proposées. Il faut les faire « vivre », « percevoir » et « symboliser ». Toutefois, comme l'explique Rigal (2009), l'éducation psychomotrice n'a pas pour objectif de se substituer aux actions pédagogiques de l'enseignement formel des enseignants, mais peut être utilisée comme une action complémentaire. Des études relativement récentes ont bien montré que l'utilisation de techniques sensorimotrices pouvait améliorer les compétences des apprenti-lecteurs (Chardon, 2005; Gentaz et al., 2003). L'utilisation de la modalité haptique

en est un exemple. Dans ces études, il est indéniable qu'on retrouve le principe d'une pédagogie psychomotrice dans l'entraînement à la lecture, tout comme l'idée de la pertinence d'une stimulation multimodale pour faciliter les apprentissages scolaires.

En second lieu, il est possible que la stimulation de certaines compétences psychomotrices facilite l'accès au langage écrit. Dans cette perspective, les composantes psychomotrices majeures impliquées dans la lecture seraient l'organisation spatiale et l'organisation temporelle. Les études ayant voulu démontrer la pertinence des entraînements visuo-spatiaux ne sont pas univoques quant à l'efficacité de tels entraînements, et d'une manière générale, il est estimé que ces derniers n'auraient que peu d'influence sur le rendement en lecture. Ces données soulignent que la lecture ne peut être considérée comme une activité visuelle. Toutefois, les compétences temporelles, théoriquement tout aussi importante que les compétences spatiales pour la lecture, n'ont pas encore été explicitées dans cet encadrement théorique. Le lien entre la structuration temporelle et la lecture sera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre 3 : Place de la structuration temporelle dans l'accès au langage écrit

La terminologie de structuration temporelle réfère d'une manière générale à la compréhension et à l'intégration de la notion de temps (Rigal, 2009). Ce chapitre définira la notion de temps, explicitera les grandes étapes de son développement tout en mettant en avant l'importance du rythme, médiation préférentielle en psychomotricité pour développer la notion de temps. La place de la structuration temporelle dans le développement psychomoteur sera alors développée. Par la suite, une revue des différents liens déjà établis entre la structuration temporelle et le langage, oral et écrit, sera exposée.

1. La structuration temporelle

1.1. Définir le temps et ses caractéristiques

Définir le concept de temps est difficile, notamment du fait de son immatérialité. Son existence, pourtant irréfutable, ne peut en réalité se dissocier de l'espace. Le temps est avant tout synonyme de mouvement (Droit-Volet, 2001; Galliano, Pavot et Potel, 2011). Le développement de cette partie s'appuiera sur une définition simple et généraliste du temps, entendu comme la « *dimension universelle, nécessaire et mesurable de la succession irréversible des phénomènes* » (Salazar-Ferrer, 1998, p14).

En ce sens, la définition retenue met l'accent sur la notion de succession des phénomènes. Cette dernière renvoie au concept de chronologie des événements et par conséquent à celui de l'ordre temporel. En effet, les événements, dans le temps, peuvent être mis en lien par une relation de concomitance (ou simultanéité), d'antériorité ou de postériorité. De la notion d'ordre temporel découle la notion d'intervalle. De fait, si deux événements se succèdent et ne

sont pas simultanés, la période entre les deux définit un intervalle de temps qui peut être quantifié. Cette notion d'intervalle, qui peut aussi se définir comme le temps entre le début et la fin d'un même événement, est synonyme de durée et renvoie à l'aspect mesurable du temps, et plus encore à la notion de vitesse. Finalement, une succession d'intervalles, réguliers ou non, qui se suivent voire se répètent de manière cyclique ou périodique, définit le concept de rythme (De Lièvre et Staes, 2012; Galliano et al., 2011; Rigal, 2009). Une suite d'intervalles temporels réguliers, dont les espacements inter-stimuli sont compris entre 200 à 1500 millisecondes (Provasi et Bobin-Bègue, 2007), définit la notion de tempo, qui est donc une forme particulière de rythme.

L'ordre, la durée et le rythme sont les trois caractéristiques majeures du temps (De Lièvre et Staes, 2012 ; Rigal, 2009). Toutefois, si l'on reprend la définition de rythme, comme succession d'intervalles de stimuli, celui-ci et à lui seul, regroupe l'ensemble des caractéristiques temporelles. Le rythme peut donc être considéré comme la dimension de synthèse de la structuration temporelle (Da Fonseca, 2007). En effet, comme le souligne Cambier (2010) « rien n'est plus lié à notre appréhension du temps que la perception des rythmes ».

1.2. Le rythme comme base de multiples temps

Les multiples caractéristiques temporelles renvoient quant à elles, à différents types de temps. La notion de durée est en lien avec la dimension mesurable du temps. Il s'agit du temps qualifié d'objectif, développé par la science, notamment par la physique, au regard des rythmes des phénomènes cosmiques. Ce temps est impersonnel, universel et synchronisé au niveau mondial depuis la conférence de Greenwich de 1884 (Hart-Davis, 2012). Il s'agit ici d'une façon objective d'appréhender le temps, commune à tous les individus. Au temps objectif s'oppose un temps subjectif, personnel, qui dépend des expériences personnelles et de l'activité psychique de chacun. Il s'agit du temps qualifié de psychologique (Cambier, 2010 ; Fraisse, 1967 ; Salazar-Ferrer, 1998 ; Tartas, 2006).

Par opposition ou complémentarité au temps psychologique, les rythmes corporels (rythme cardiaque, respiratoire, l'alternance vigilance-veille, l'activité cérébrale, le cycle ovarien) définissent un temps qualifié de biologique (Cambier, 2010 ; De Lièvre et Staes, 2012). Chez l'homme, certains de ces rythmes sont naturellement synchronisés avec les rythmes naturels

(à titre d'exemple, l'alternance jour/nuit en lien avec le rythme veille/sommeil). Finalement la rythmicité cosmique, qui est déjà à la base du temps objectif, a également servi à l'organisation d'un temps social ou anthropologique, prenant la forme des systèmes calendaires utilisés (jour, mois, année, …). Le temps anthropologique permet de réguler les rythmes de vie en société, à travers non seulement des calendriers, mais également par exemple par l'intermédiaire des rythmes de travail qui harmonisent la vie en société (Cambier, 2010 ; Fraisse, 1967; Salazar-Ferrer, 1998 ; Tartas, 2006).

Le temps est donc une réalité complexe, car multiple. Par conséquent, son intégration n'est pas innée pour les individus. Il est observé que la notion de rythme apparaît comme centrale dans son appréhension.

2. Le développement de la notion de temps chez l'enfant

2.1. Le rythme comme précurseur de l'intégration du temps

L'intégration de la notion de temps se fait dès la grossesse où le fœtus est bercé par ses propres rythmes corporels et par ceux de sa mère. En effet, dès la vie intra-utérine, le fœtus est bercé par les mouvements de sa mère (son rythme de la marche, son cycle éveil/sommeil…) mais également par son rythme biologique, plus précisément par son rythme cardiaque qui constitue une importante source de stimulation rythmique auditive pour le fœtus. Rapidement, le bébé est sensible à la voix de sa mère et aux caractéristiques de sa langue maternelle, notamment sa prosodie, c'est-à-dire les aspects mélodiques et rythmiques du langage oral (Provasi, 2015; Tartas, 2006). Par complémentarité aux rythmes induits par sa mère, le fœtus est lui aussi source de stimulation rythmique, notamment par maturation progressive de ses rythmes biologiques (rythme cardiaque à partir du premier mois de gestation, cycle respiratoire à partir de la 10ème semaine). Ainsi, comme le soulignent Galliano et al. (2011) et Tartas (2006), dès sa conception, l'expérience de l'enfant est structurée par le temps, et plus précisément par le rythme qui est donc un facteur essentiel pour sa construction.

À la naissance, le temps biologique de l'enfant, la perception auditive, les rythmes relationnels de maternage et le rythme social de la famille le bercent et constituent la base de l'intégration de la structuration temporelle (Tartas, 2006, 2010). De plus, comme le soulignent Cambier (2010), Provasi (2015) ou Tartas (2010), le nouveau-né est lui aussi capable, de manière innée, de produire certaines activités rythmiques notamment par les activités réflexes du nourrisson. Le réflexe de succion, pour l'alimentation ou les mouvements cycliques (marche primitive, mouvement de pédalage en position de décubitus dorsal) en sont des exemples. Progressivement, l'adaptation temporelle se met en place. L'enfant sera capable de s'adapter aux rythmes sociaux, et notamment familiaux, en espaçant ses heures de repas et en adaptant son cycle sommeil-veille.

Ainsi, la première étape d'intégration de la notion du temps est donc une phase sensori-motrice qualifiée de temps vécu où le rythme tient une place fondamentale (De Lièvre et Staes, 2012). Progressivement, le rythme de la locomotion, les productions de cris/vocalisations, puis le rythme de la parole viendront compléter les sensations temporelles (De Lièvre et Staes, 2012 ; Provasi, 2015).

Pendant cette période, il n'est pas possible de considérer que l'enfant est capable d'appréhender le concept de temps, comme le souligne Tartas (2006), il vit celui-ci comme une succession d'instants présents sans lien entre eux.

2.2. Le développement des compétences temporelles

2.2.1 L'ordre temporel

Percevoir l'ordre des événements ne dépendrait pas de mécanismes spécifiques nécessitant une maturation des fonctions psychologiques. La seule difficulté pour le jeune enfant serait de faire la distinction entre l'ordre temporel et l'ordre spatial. Cette distinction sera possible à partir d'un certain niveau de raisonnement cognitif, acquis approximativement vers l'âge de 7 ans (Fraisse, 1967 ; Rigal, 2009). Avant cet âge, les repères chronologiques dépendent des informations spatiales. Les éventuelles difficultés d'évocation de la chronologie des événements chez le jeune enfant seraient seulement liées aux compétences mnésiques (Fraisse, 1967).

C'est approximativement vers l'âge de trois ans que les enfants se construisent une

représentation abstraite de l'ordre. Dès lors, ils peuvent restituer une séquence d'actions même non familières (Droit-Volet, 2001). Avant cet âge, ces compétences ne s'appliquent qu'aux séquences routinières, c'est-à-dire de la vie quotidienne de l'enfant. Comme le souligne Tartas (2010), avec l'apparition du langage, l'enfant exprime la chronologie des événements familiers à travers les scripts, qui sont une description simple de ses routines quotidiennes. Au fur et à mesure du temps, l'enfant produit alors des séquences de plus en plus longues. L'enfant est donc rapidement capable de distinguer et restituer l'ordre des événements, surtout si ces derniers s'inscrivent dans les activités routinières de son quotidien.

2.2.2 Perception et estimation des durées

Le jeune enfant est également très rapidement sensible aux variations des durées courtes. Des études expérimentales ont mis en évidence que les nourrissons ont conscience des différences de durée si on manipule le temps de présentation d'une voyelle dans un mot (Droit-Volet, 2001). À partir de 3 ans, l'enfant possède des intuitions de la durée, c'est-à-dire qu'il devient capable d'estimation subjective de celle-ci. L'enfant estime tout d'abord une durée, sans dissocier le temps de l'espace, c'est-à-dire en prenant en compte le nombre d'événements qui se sont déroulés, puis s'en dégagera pour comprendre que le temps est une réalité homogène en référence à un temps objectif et mesurable (Droit-Volet, 2001 ; Fraisse, 1967).

Les capacités d'estimer précisément une durée se développeraient entre 3 et 8 ans (Tartas, 2006). Ainsi, à partir de 3 ans, les enfants peuvent produire une action temporelle précise par apprentissage sous la forme d'imitation. Néanmoins, comme l'ont démontré Rattat et Droit-Volet (2002), l'abstraction de la notion de durée n'étant pas encore acquise, il n'est pas observé, chez les enfants de cet âge, de transfert dans les compétences de production de durée d'une action vers une autre, même en multipliant les variations d'apprentissage. La dissociation entre la durée et l'action ne se fera qu'à partir de 5 ans environ, âge auquel l'enfant aurait déjà acquis une connaissance plus explicite du temps (Fraisse, 1967; Rattat et Droit-Volet, 2002).

2.2.3 Le rythme

Les compétences en discrimination de rythmes interviennent très tôt dans le développement de l'enfant. Dans la modalité auditive, celles-ci sont très précoces et s'affinent

progressivement. Comme il sera expliqué plus tard dans ce travail (section 5.1.2 de ce chapitre), les nourrissons sont rapidement capables de différencier, à titre d'exemple, deux langues orales à travers leurs structures rythmiques (Provasi, 2015, Nazzi, Bertoncini et Mehler, 1998). Dans la modalité visuelle, ces compétences apparaissent à partir de 6 mois (Tartas, 2006).

Plus encore, les nourrissons seraient capables de traitement temporel dès la naissance. En effet, l'étude de l'activité de succion et les capacités de synchronisation de la succion à un tempo extérieur, a été menée par Provasi et Bobin-Bègue (2007). Grâce à leur protocole expérimental, les auteures ont mis en évidence que les nourrissons de 0 à 2 mois possèdent un tempo moteur spontané déjà différencié à la naissance. Le tempo moteur spontané est la cadence préférentielle et personnelle de chacun pour les activités motrices. De plus, dès la naissance, les traitements temporels sont possibles et s'améliorent au cours des deux premiers mois de vie. Les nourrissons de 2 mois ont déjà de meilleures compétences de synchronisation de leur activité de succion à des stimuli extérieures comparativement aux nouveau-nés. La synchronisation de la succion est plus facile sur les tempi plus rapides que leur tempo moteur spontanée. Ce fait est certainement dû à l'immaturité des processus d'inhibition. De la même manière, la synchronisation motrice de frappes est possible chez l'enfant dès l'âge d'un an avec les mêmes caractéristiques : la synchronisation est plus facile pour des tempos plus rapides que son tempo moteur spontané. Ainsi, la perception des rythmes se fait très précocement, et les compétences en synchronisation sensorimotrice se développent tôt chez l'enfant, sous couvert des compétences en inhibition.

Les compétences en reproduction de structures rythmiques se développent quant à elles progressivement. À 6 ans, l'enfant est capable de reproduire une séquence rythmique de 3 à 4 frappes, à 9 ans de 6 frappes et à 12 ans de 8 frappes (Rigal, 2009).

2.2.4 La compréhension du temps objectif et anthropologique

La compréhension de la réalité physique du temps objectif, tout comme l'apprentissage des notions temporelles conventionnelles se font en parallèle des acquisitions précisées en amont, mais également sous l'influence de l'école (Droit-Volet, 2001 ; Tartas, 2006, 2010).

Les enfants apprennent tout d'abord les jours de la semaine, les mois de l'année ou les saisons, puis progressivement commencent à se construire une représentation plus abstraite des notions temporelles conventionnelles afin de parvenir finalement à comprendre le système

calendaire et à utiliser ces notions pour s'orienter dans le temps. L'école permet progressivement d'intégrer le temps anthropologique, par les apprentissages systématiques du vocabulaire (comptines des jours de la semaine) ou par le vécu des rythmes scolaires. Par exemple, les notions de jours, la distinction entre les jours avec ou sans école s'établissent progressivement au fur et à mesure de la scolarisation (Tartas, 2006, 2010). C'est aux alentours de 9 ans que l'enfant devient capable de manipuler un calendrier.

L'école permettra également la compréhension du temps physique et objectif, et l'enfant deviendra à même de quantifier le temps et de procéder à des calculs temporels (Droit-Volet, 2001 ; Tartas, 2010).

Le développement de la notion de temps est donc un long parcours pour l'enfant. Le tableau 3 tente de résumer l'acquisition des principales compétences temporelles et la compréhension du vocabulaire qui lui est associé d'après De Lièvre et Staes, (2012), Droit-Volet (2001), Provasi (2015), Provasi et Bobin-Bègue (2007), Rigal (2009) et Tartas (2006, 2010).

Le temps biologique apparaît comme une compétence innée, il est une première source de stimulation temporelle. L'expérience sensorimotrice permet l'appréhension des grandes caractéristiques temporelles (l'ordre, la durée, le rythme), tout comme l'expérience en société marque la compréhension du temps anthropologique. Si la compréhension du temps objectif se construit, notamment grâce à l'enseignement formel, la sensation ou l'intuition de temps (c'est-à-dire le temps subjectif) nécessite la mise en œuvre de mécanismes psychologiques qui vont maintenant être détaillés.

Tableau 3 : Récapitulatif des acquisitions temporelles (vocabulaire et compétences) chez l'enfant.

Age	**Acquisition du vocabulaire**	**Capacités temporelles**
0 – 2 ans		Tempo moteur spontané Intégrité de la perception auditive des rythmes Rythmes biologiques Conditionnement aux rythmes exogènes Synchronisation motrice possible
2 ans	Arrête, attend, maintenant, vas-y	
3 ans	Bientôt, hier, tout à l'heure, demain, vite, lentement, aujourd'hui	Représentation abstraite de l'ordre Intuition de durée
4 ans	Nuit/jour, plus grand = plus vieux	Donne son âge Reproduit une séquence rythmique de 2 à 3 coups
5 ans	Nomme les saisons Indique le jour de la semaine	Dissociation entre la notion de durée et l'action
6 ans	Nomment les jours de la semaine	Donne l'heure de son réveil le matin Indique le mois de l'année en cours Reproduction de séquences rythmiques de 3 à 4 coups
7 ans	Nomme les mois de l'année	Distinction entre ordre spatial et ordre temporel
8 ans		Indique l'année en cours Lecture de l'heure sur une horloge Estimation de plus en plus correcte des durées
9 ans		Utilisation du calendrier Donne la date du jour Reproduction d'une séquence rythmique de 5 coups
10 ans à 12 ans	Construction d'un temps personnel Compréhension du temps objectif et mesurable	Reproduction d'une séquence rythmique de 6 coups Estime la durée d'une conversation
13 ans		Constitution d'un corps de souvenirs personnels Vision réaliste de son avenir Reproduction d'une structure rythmique de 8 éléments

3. Mécanismes psychologiques liés à la structuration temporelle

3.1. La notion de l'instant présent

Selon Cambier (2010), le présent psychologique est « *une modulation appropriée de la mémoire immédiate faisant intervenir les dispositifs sous-corticaux qui sous-tendent l'attente et le désir* » (p 61). L'auteur établit donc un lien entre la sensation de présent et le concept de mémoire de travail, lien déjà établi par Fraisse (1967).

Ainsi, la sensation de l'instant présent semble être de durée variable, se situant, selon différents auteurs entre 2 et 12 secondes (Fraisse, 1967; Macar, 1980). Elle dépend, en plus du stockage de l'information perçue en mémoire, des capacités attentionnelles de chacun (Fraisse, 1967 ; Macar, 1980 ; Cambier, 2010). En lien avec les notions d'empan de la mémoire de travail, plus le nombre de stimuli à percevoir est grand et plus l'intervalle qui les sépare est long, plus il est difficile de les intégrer dans un même présent. Finalement, elle dépendrait également de l'organisation même des stimuli, notamment rassemblés en une unité signifiante pour le sujet (Fraisse, 1967).

3.2. La perception de l'ordre temporel

L'ordre temporel peut être rappelé par la mémoire, ou encore déduit par le raisonnement logique. Mais dans ce cas de figure, il ne s'agit pas de perception. Percevoir l'ordre implique donc que le sujet se situe dans le présent psychologique, ou plus précisément que les événements à ordonner soient suffisamment rapprochés dans le temps.

La perception de l'ordre temporel dépendrait tout d'abord de la capacité à différencier les événements simultanés des événements qui se succèdent. On qualifie de seuil de fusion, l'intervalle de temps minimal entre deux événements pour que ceux-ci soient perçus comme non simultanés. Toutefois, percevoir les événements comme successifs ne permet pas systématiquement de percevoir leur ordre d'apparition. Il existerait donc également un seuil de jugement de l'ordre temporel (Cambier, 2010; Rigal, 2009; Streri, 2005; Wittmann, 1999). Il est depuis longtemps démontré que ces deux seuils temporels sont dépendants des différentes modalités sensorielles. L'audition serait la modalité sensorielle la plus fine pour percevoir l'ordre des événements, avec les seuils temporels les plus bas (Hirsh et Sherrick,

1961; Streri, 2005; Wittmann, 1999).

La perception de l'ordre temporel est dite primaire (Rigal, 2009), c'est-à-dire que l'ordre est perçu directement par les organes sensoriels, sans mettre en jeu de mécanisme cognitif spécifique. Néanmoins, la clinique neuropsychologique a mis en évidence le rôle de la dopamine dans la capacité à percevoir deux événements comme non simultanés (Cambier, 2010). Ainsi, les personnes atteintes de la maladie de Parkinson (déficit dopaminergique) auraient un seuil de fusion plus élevé. Ce trouble semble être corrigé par dopathérapie.

En ce qui concerne la mise en mémoire de l'ordre temporel, elle serait en théorie possible grâce à la mémoire de travail, et notamment dans la modalité auditive, par un composant spécifique lié au traitement sériel. C'est ce que propose le modèle A-O-SMT de Majerus (2013) cité au chapitre 1 qui décrit plus spécifiquement le fonctionnement de la boucle phonologique.

3.3. L'estimation des durées

Les chercheurs en psychologie cognitive expliquent aujourd'hui la capacité à estimer avec précision des durées par l'existence de mécanismes spécifiques constituant une horloge interne (Droit-Volet et Wearden, 2003; Wearden, 2005; Zakay, 2005). Le modèle de Church (1984), restant un modèle de référence, servira d'illustration (figure 11). Celui-ci inclut quatre grandes composantes. Il s'agit de l'horloge interne, constituée d'un pacemaker et d'un accumulateur, de la mémoire de travail, de la mémoire à long terme où sont stockés des références temporelles, et un comparateur qui permettra une prise de décision, et donc le jugement temporel.

Ainsi, le pacemaker produit des pulsations. Lors d'une tâche d'estimation d'une durée, ces pulsations sont stockées dans le compteur pour être comparées aux références temporelles stockées en mémoire à long-terme, sous couvert, de la mémoire de travail. Cette comparaison aboutit alors à une prise de décision, c'est-à-dire au jugement temporel des durées (Church, 1984; Droit-Volet, 2001; Droit-Volet et Wearden, 2003; Wearden, 2005).

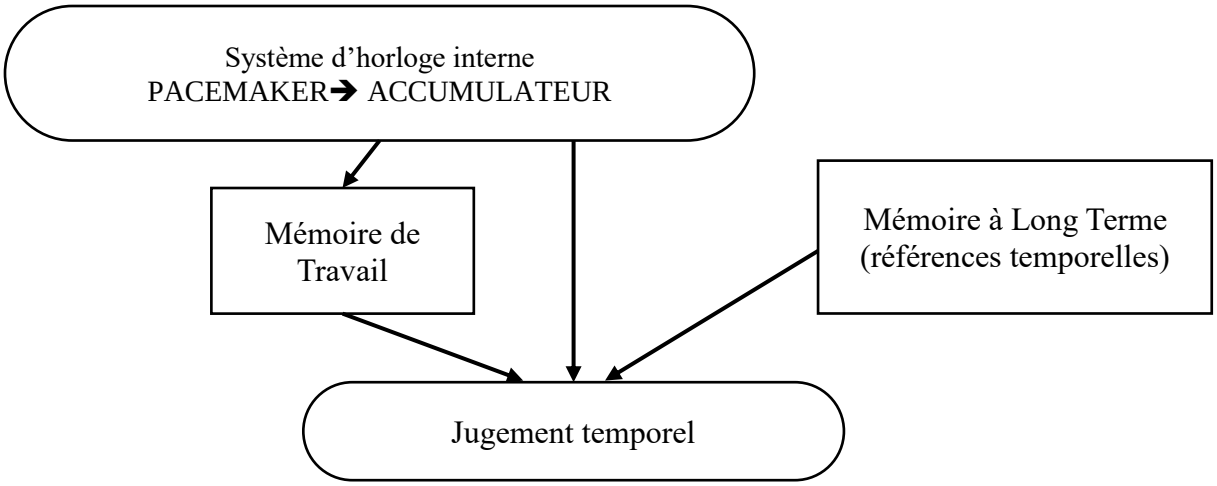


Figure 11 : Modèle de l'horloge interne selon Church (1984).

Si la mémoire de travail et la mémoire à long terme semblent indispensables à l'estimation des durées, Zakay (2005) propose en plus d'expliciter le rôle fondamental de l'attention dans ce processus. Dans son modèle de la porte attentionnelle, l'auteur souligne qu'un jugement temporel des durées ne peut être efficace que si l'individu qui exécute cette tâche accepte de focaliser son attention sur celle-ci. Le modèle de Zakay (2005) est schématisé figure 12.

L'importance de l'attention dans l'estimation des durées est également mise en avant par Cambier (2010), qui insiste sur le fait que si les ressources attentionnelles sont mobilisées sur une autre tâche, pendant une estimation temporelle, celle-ci sera perturbée. Ainsi, par extension, l'inhibition des informations non pertinente s'avère indispensable pour une tâche d'estimation des durées.

L'estimation psychologique des durées met donc en œuvre des compétences cognitives complexes, dont la compréhension minutieuse est encore à mettre en lumière. Toutefois, il semble que les modèles d'horloge interne soient une alternative possible pour les expliquer. Ces modèles mettent en avant l'importance de la mémoire et du contrôle exécutif (attention, inhibition) dans la perception des durées.

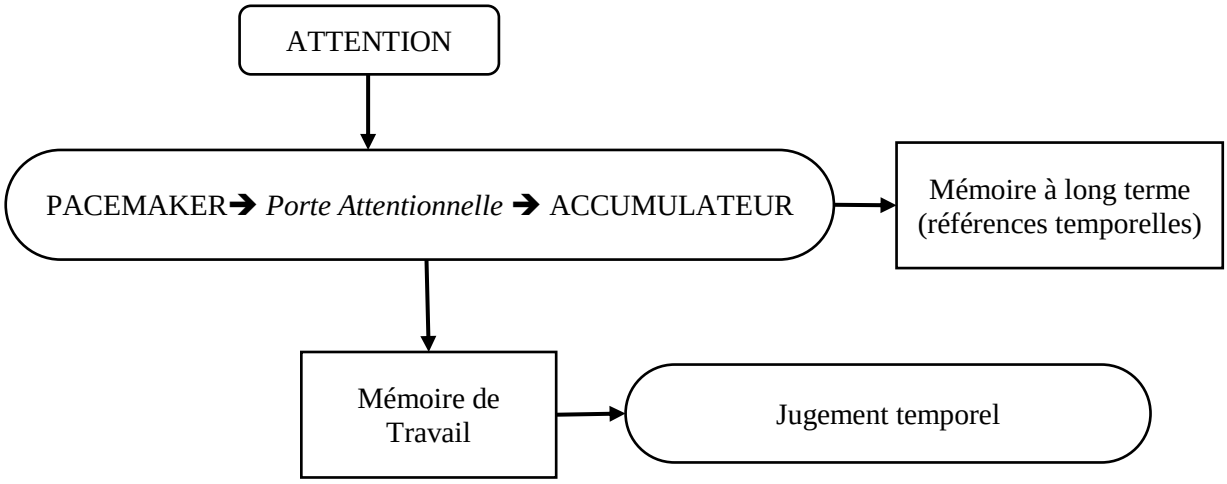


Figure 12 : Modèle de la porte attentionnelle de Zakay (2005).

3.4. La perception du rythme

Peu d'auteurs semblent avoir clarifié le traitement cognitif lié à la perception du rythme (Lechevalier, 2010). Toutefois, selon Tartas (2006) ou encore Macar (1980), le rythme est subordonné aux deux processus explicités en amont, autrement dit, la perception de l'ordre et la perception des intervalles. Comme le souligne Cambier (2010), la perception du rythme étant subordonnée à la perception de stimuli successifs et ordonnés, elle mettrait en jeu la mémoire de travail, et plus précisément, la boucle phonologique.

D'un point de vue neuropsychologique, il semble admis que la perception du rythme est traitée de manière prédominante par l'hémisphère gauche (Cambier, 2010; Platel, 2006). De fait, comme le souligne Cambier (2010), des patients souffrant de lésion de l'hémisphère gauche auraient des difficultés à identifier les rythmes. Finalement, la perception du rythme activerait plusieurs aires cérébrales, incluant l'aire de Broca (Platel, 2006).

Les mécanismes psychologiques de la perception du temps sont encore à découvrir, notamment dans le cadre de la perception du rythme, même si les modèles d'horloge interne sont considérés comme des références pertinentes en ce qui concerne la perception du temps. Dans le cadre de ces modèles, il faut retenir le rôle fondamental de la mémoire de travail tant

dans le stockage de l'information, que dans le contrôle exécutif exercé (attention, inhibition) lors des différentes tâches liées au traitement temporel.

4. Compétences temporelles et lien avec la psychomotricité

4.1. Les différentes tâches de nature temporelle

Les différents mécanismes de la perception du temps ont été explicités. Ces derniers sont mis en œuvre dans différentes activités de la vie quotidienne, ou encore de natures expérimentales, pour évaluer les compétences en traitement temporel.

Dans une revue de littérature faisant état des compétences temporelles chez les enfants hyperactifs, Toplak, Rucklidge, Hetherington, John et Tannock (2003) dégagent 6 types de tâches temporelles différentes, généralement étudiées. Il s'agit de la discrimination des durées, du jugement d'ordre temporel, de la production et reproduction de durée, de l'estimation verbale des durées, de la synchronisation sensorimotrice et des capacités d'anticipation (perception d'une suite de stimuli et prédiction du prochain stimulus).

Si ces différentes tâches ont été mises en avant par des expérimentations, elles peuvent être mises en relation facilement avec des activités de la vie quotidienne, telles que comprendre le déroulé d'une action (ordre temporel), marcher à la même allure qu'une autre personne, ou danser (synchronisation sensorimotrice), jouer de la musique avec un instrument (production de durée, synchronisation).

Selon Coull et Nobre (2008), la structuration temporelle intervient, en fonction des tâches de manière explicite ou implicite. Dans les tâches où le traitement temporel est explicite, le sujet est amené à estimer consciemment une durée pour en donner soit une estimation verbale (tâches de discrimination de durées), soit une réponse motrice adaptée (synchronisation rythmique, production motrice de durée). Dans les activités où l'objectif n'est pas directement une production ou une estimation du temps, il s'agit de tâches temporelles dites implicites. Il s'agit par exemple de la prédiction spatio-temporelle de la trajectoire d'un objet (rattraper une balle) ou de l'arrivée d'un stimulus en lien avec les capacités d'anticipation. Le tempo moteur spontané, donc non imposé par un stimulus extérieur est également inclus dans les tâches temporelles implicites.

4.2. Temps et compétences psychomotrices

Les psychomotriciens sont, d'après leur décret de compétences, les professionnels concernés et habilités à rééduquer les troubles de « l'organisation spatio-temporelle ». En plus d'être liées à la compréhension des rythmes sociaux et anthropologiques qui organisent la vie collective, de participer à la construction de la vie psychique de l'individu, la structuration temporelle, d'un point de vue perceptivo-moteur est fondamentale pour le développement psychomoteur de l'enfant. Elle semble contribuer fondamentalement, à la fois au traitement des informations perçues (perception, analyse, organisation) et à la programmation et à la régulation des comportements (Da Fonseca, 2007 ; Galliano et al. 2011 ; Puyjarinet, 2011). Comme l'explique Da Fonseca (2007), la structuration temporelle est indispensable à tous les apprentissages, car elle permet le « [*contrôle et l'organisation, tant au niveau de l'action, que de la cognition*] » (p222).

Temps et motricité apparaissent donc comme solidement intriqués l'un à l'autre. Si d'un point de vue développemental, l'expérience sensorimotrice permet l'appréhension du temps chez le jeune enfant, la motricité, quant à elle ne peut se développer harmonieusement sans organisation temporelle. En effet, la motricité est mise en œuvre à la fois dans un espace donné, mais également dans un temps donné. Comme l'expliquent Galliano et al. (2011) ou Puyjarinet (2011), l'organisation temporelle est impliquée dans l'organisation motrice, qu'il s'agisse des coordinations motrices rythmiques telles que la marche ou l'apprentissage d'une danse ou encore des praxies gestuelles qui nécessitent la mise en œuvre de mouvements coordonnés, séquencés (donc ordonnés) et rythmés dans le temps pour atteindre un objectif.

Ainsi, dans l'exemple de l'exécution d'un geste, défini comme un mouvement où une suite de mouvements successifs, sont mis en jeu les mécanismes suivants (Lussier et Flessas, 2009; Sage, Crosnier, Soppelsa, et Galliano, 2011) :

- un traitement sensoriel, qui permet l'analyse de l'environnement, mais également proprioceptif (conscience de son propre corps dans l'espace),
- une représentation mentale de l'action, incluant son but, les connaissances de l'objet à manipuler, mais également la séquence de mouvements à suivre en fonction du but à atteindre,

- le programme moteur, qui découle de la représentation mentale de la séquence de mouvements à exécuter, incluant le paramétrage spatial et temporel de l'action (ordre, durée, vitesse des mouvements),
- l'exécution motrice par les effecteurs (muscles).

Ainsi, il apparaît clairement que l'organisation temporelle intervient à plusieurs niveaux lors de la motricité volontaire, tant dans l'analyse de l'environnement en amont de la programmation, que dans la programmation et la planification du geste en lui-même.

Il est donc parfaitement compréhensible que les enfants dyspraxiques, c'est-à-dire présentant un trouble de l'acquisition des coordinations et de l'apprentissage des gestes intentionnels, présentent, comme le soulignent Lussier et Flessas (2009) des difficultés dans la perception temporelle. De plus, les troubles spécifiques dans l'organisation temporelle des gestes définissent un type de dyspraxie, les dyspraxies non constructives ou gestuelles (idéomotrice et idéatoire) selon Magnat, Xavier, Zammouri, et Cohen (2015).

Les difficultés de perception du temps, considérées comme indissociables de l'activité motrice, se retrouvent dans un panel de pathologies rencontrées par les psychomotriciens. En effet, elles sont rarement retrouvées de manière isolée et sont souvent un symptôme associé à un trouble développemental ou à une pathologie d'ordre psychoaffectif. Pujilet (2015) et Puyjarinet (2011) citent, comme pathologies incluant les troubles de l'organisation temporelle :

- le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité,
- les difficultés dans le développement moteur,
- les troubles neurodéveloppementaux, comme l'ensemble des troubles spécifiques des apprentissages, tels que la dyslexie, la dyspraxie, la dysgraphie, ou encore les troubles du spectre autistique,
- les troubles psychiatriques et psychoaffectifs, comme la schizophrénie, la bipolarité ou les états dépressifs,
- les pathologies liées au vieillissement telles que les démences, la maladie de Parkinson.

4.3. Faciliter l'intégration de la notion de temps en psychomotricité

Pour pratiquer ces rééducations, plusieurs outils et instruments sont à la disposition des psychomotriciens. Puyjarinet (2011) propose tout d'abord la relaxation thérapeutique ou des entrainements spécifiques à la notion de temps (exercices d'estimation, de production ou de jugement de durées, …). Pour travailler autour de l'organisation du temps sur des tâches à court-terme, l'auteur recommande l'utilisation de minuteurs ou de sabliers. La mise en place d'emplois du temps, d'agendas, le travail autour du calendrier servent à organiser le temps sur des durées plus longues.

Le travail sur la perception du temps peut aussi se faire à l'aide d'activités qui nécessitent une précision temporelle comme le souligne Puyjarinet (2011). Le travail avec un métronome est conseillé, mais d'une manière plus générale, le travail autour du rythme et de la musique, par exemple avec des instruments à percussion serait la médiation à privilégier (Pujilet, 2015; Puyjarinet, 2011).

4.4. Evaluation psychomotrice de la structuration temporelle

Lors de l'examen psychomoteur, l'évaluation de la structuration temporelle passe traditionnellement par les épreuves de rythme, notamment celles de Stambak (Pireyre, 2000) et de Guilmain, puis de Soubiran (Vaivre-Douret, 2006a).

Stambak (1951) a développé une batterie d'épreuves rythmiques composée de trois items. L'épreuve de tempo spontané où l'enfant est invité à frapper 21 coups avec un crayon sur la table. La durée des frappes est chronométrée, tout comme la qualité de la régularité. La deuxième épreuve consiste en une reproduction de structures rythmiques, composées de 3 à 8 frappes, avec des intervalles courts ou longs entre les coups (par exemple, « o o o »). Cette épreuve se déroule en utilisant exclusivement la modalité auditive, l'enfant ne voit pas l'examinateur frapper les structures rythmiques. La troisième épreuve, celle de lecture de structures rythmiques, consiste à présenter à l'enfant l'écriture symbolique des structures rythmiques qu'il a frappées lors du test précédent, afin de déterminer s'il comprend la représentation graphique du rythme. L'enfant doit se servir de la représentation symbolique des structures rythmiques pour les frapper. Cette épreuve datant des années 1950 a été réétalonnée en 2000 du fait de son intérêt particulier pour les psychomotriciens (Pireyre,

2000). En 2006, Vaivre-Douret inclut dans une épreuve de tempo spontané dans les subtests de la batterie d'évaluation des fonctions neuropsychomotrices (NP MOT) évaluant le rythme (Vaivre-Douret, 2006b).

Hormis l'épreuve de Stambak, la structuration temporelle peut être évaluée à l'aide de l'épreuve d'adaptation aux rythmes de Guilmain et Soubiran (Vaivre-Douret, 2006a). Il s'agit d'une épreuve sensori-motrice de synchronisation de frappes des mains (rythme frappé) et de marche (rythme marché) à un métronome. La synchronisation à trois cadences est évaluée (lent, moyen, rapide). Cette épreuve est réétalonnée en 2006 par Vaivre Douret dans la NPMOT. Les cadences évaluées sont 90, 60 et 120. L'examinateur doit chronométrer les temps de synchronisation pour les frappes et la marche de chaque cadence.

Plus récemment, Vaivre Douret (2006b) propose en plus dans la batterie NPMOT une épreuve d'adaptation au rythme auditivo-visuo-kinesthésique. Il s'agit de faire reproduire à l'enfant une séquence de gestes (frapper des mains sur les cuisses et / ou taper des pieds sur le sol).

Ainsi, l'évaluation de la structuration temporelle passe, en psychomotricité, par les épreuves de rythme. Cependant, des questionnaires, dont la plupart sont qualitatifs, portant sur l'acquisition des notions temporelles existent et sont également utilisés afin d'évaluer la connaissance et la compréhension du temps. Récemment, Quartier (2009) a élaboré un questionnaire temporel pour l'enfant, étalonné de 6 à 13 ans. Il s'agit d'un questionnaire évaluant plusieurs dimensions temporelles :

- l'orientation dans le temps (par exemple, situer le jour, l'année, le mois actuel)
- les séquences dans le temps (ordonner les jours, les saisons, …),
- l'estimation des durées,
- l'anticipation (référence à son passé et projection dans l'avenir).

Ainsi, la clinique psychomotrice se base essentiellement sur les épreuves de rythme pour évaluer la structuration temporelle et l'intégration de la notion de temps chez l'enfant. Mais comme l'indique Puyjarinet (2011), l'évaluation psychomotrice de la structuration temporelle manque de rigueur et doit prendre en compte l'ensemble des dimensions temporelles en

s'intéressant également aux jugements et à la production de durée, et aux jugements d'ordre temporel afin de pratiquer une évaluation complète de la notion de temps.

La structuration temporelle est une capacité importante en psychomotricité, et les psychomotriciens sont les spécialistes de sa rééducation. Si elle doit être stimulée chez un grand nombre d'enfants présentant des troubles psychomoteurs, les difficultés temporelles sont également présentes chez des enfants aux troubles neurodéveloppementaux, comme les troubles spécifiques des apprentissages. Le développement de la structuration temporelle pourrait alors servir également à l'éducation et la rééducation de l'accès au langage écrit. Les liens entre le temps et le langage vont maintenant être étudiés. Le langage oral, puis l'accès au langage écrit chez l'apprenti-lecteur seront abordés.

5. Structuration temporelle et activités langagières

5.1. Structuration temporelle et langage oral

5.1.1. La structure temporelle du langage oral

Le langage parlé correspond à un continuum de stimuli sonores, qui possèdent des caractéristiques temporelles, notamment mélodique et rythmique. Il s'agit d'une caractéristique universelle et interne à l'ensemble des langues et, il serait ainsi possible de les catégoriser en trois classes rythmiques différentes. Si on classe les langues du point de vue de leur structure rythmique, il existe ainsi des langues accentuelles (encore définies comme langues à stress), comme par exemple les langues anglo-saxonnes et germaniques, les langues syllabiques, c'est le cas du français, et les langues dites moraiques, comme le japonais. Ainsi, les classes de langues diffèrent par leur unité rythmique. Dans le cadre du français, l'unité rythmique est donc la syllabe (Nazzi, 2008).

Les rythmes des langues orales sont ancrés dans leur structure prosodique. La prosodie d'une langue parlée se définit par les événements mélodiques, intonatifs, les accents et le rythme de celle-ci. La prosodie assure des fonctions importantes dans la communication. Elle est non

seulement importante pour la compréhension du message transmis, car elle véhicule notamment des informations émotionnelles au sujet du message transmis, mais aussi car elle permettrait le traitement du langage oral, à la fois au niveau phonologique, syntaxique, ou encore pragmatique (Lacheret, 2011). L'organisation même de la prosodie repose sur des structures d'ordre temporel : la fréquence fondamentale, c'est à dire le son émis à l'instant t, la durée d'émission de chaque segment et l'intensité du signal. La construction de la prosodie par un locuteur se ferait à partir de deux représentations abstraites : la première d'ordre tonal, la seconde d'ordre métrique (Lacheret, 2011).

5.1.2. Rythme et reconnaissance des langues

Ramus (1997) recense une série d'expérimentations visant à comprendre quels sont les paramètres des langues orales nécessaires pour permettre la distinction entre deux langues différentes, l'anglais et le japonais, chez des sujets adultes francophones en utilisant une technique de synthèse de la parole. Grace à cette technique, l'auteur au fil de ses expériences a dégradé certains paramètres des langues orales utilisées. Lors de la première étude, ont été préservés les régularités phonétiques, le rythme et l'intonation des phrases expérimentales. Dans une deuxième phase, l'intonation et le rythme sont préservés. Dans la troisième et quatrième phases, respectivement seule l'intonation et le rythme des langues sont conservées. D'après les résultats obtenus, les participants discriminent les phrases anglaises des phrases japonaises à partir des seules informations rythmiques, alors que l'intonation des phrases ne suffisait pas à leur reconnaissance. Ainsi, il apparaît que le rythme des langues est un paramètre essentiel et suffisant pour pouvoir les distinguer auditivement (Ramus, 1997).

Le rythme est donc un paramètre fondamental dans le traitement du langage oral. Plus encore, l'étude de Nazzi, Bertoncini, et Mehler (1998) montre que dès le plus jeune âge, les enfants sont capables de distinguer deux langues étrangères, si elles diffèrent par leur classe rythmique. Les auteurs rappellent que plusieurs hypothèses existent quant à la capacité des nouveau-nés à différencier les langues, l'une d'entre elles serait la reconnaissance basée sur leur structure rythmique. Les auteurs ont mis en évidence que les nouveau-nés français sont capables de distinguer les phrases en anglais des phrases japonaises, ce qui ne peut être expliqué par l'hypothèse de reconnaissance de la langue maternelle. Toutefois, les nouveau-nés ne parviennent pas à discriminer des phrases dites en anglais de celle dites en allemand, deux langues appartenant à la même classe rythmique, mais ils peuvent distinguer des phrases

en anglais et en allemand, de phrases dites en espagnol et en italien. Ces observations permettent aux auteurs de conclure que les nouveau-nés ne possèdent pas une capacité générale à distinguer les langues les unes des autres, mais ils utilisent très précocement les propriétés générales rythmiques de celles-ci pour les distinguer.

En plus d'être une caractéristique interne au langage oral, qui permet de distinguer deux langues entre elles, le rythme des langues pourrait, en plus, être l'élément précurseur de la séparation du continuum parlé en mots, capacité fondamentale pour la construction du lexique. C'est l'hypothèse que formule Nazzi (2008), à partir de différentes études menées dans son équipe. L'intérêt des études de Nazzi et de ses collaborateurs est qu'ils ont particulièrement étudié le cas du français, qui pour rappel est une langue au rythme syllabique. Les conclusions de Nazzi (2008) mettent en avant que, les jeunes enfants francophones utilisent la syllabe pour amorcer la segmentation de la parole, la syllabe étant bien l'unité rythmique du français. Ainsi, il semblerait que la perception et l'acquisition de l'unité rythmique des langues soient acquises par les enfants en amont et de manière indépendante du lexique, et que cette acquisition, précédant la segmentation de la parole pourrait être un prérequis pour cette capacité.

Ainsi, la structuration temporelle, notamment par le rythme, est inhérente au langage oral, à la fois comme une caractéristique intrinsèque, permettant dès le plus jeune âge d'identifier et de comparer deux langues, mais également pour segmenter le flux continu de la parole en mots. Si la structuration temporelle est intimement liée au langage oral, il apparait comme probable qu'elle soit également liée au langage écrit.

5.2. Structuration temporelle et langage écrit

5.2.1. Notion d'ordre et langage écrit

La définition psychomotrice de la lecture insiste sur la notion d'ordre, en parlant de suites de symboles à transposer en suites de sons. Les études de Bastien-Toniazzo (1995) et Magnan (1993) se sont intéressées à la prise de conscience de l'importance de l'ordre des lettres dans l'accès au langage écrit.

Ainsi, Magnan (1993) a proposé à 400 élèves, scolarisés du CP au CM2, une tâche de composition de mots, à partir d'un groupe de lettres données, et selon deux modalités, avec ou sans support visuel (dessin) du mot cible à écrire. Dans cette étude, l'objectif de l'auteure était de montré que la prise en compte de l'ordre des lettres est fondamentale pour apprendre à lire. Les enfants de chaque niveau scolaire ont été divisés en deux groupes, en fonction de leur niveau de lecture. La moitié de l'effectif de chaque groupe a effectué une tâche de constitution de mots sans support visuel, l'autre moitié, avec support visuel. L'analyse des résultats montre que les bons lecteurs ont des résultats supérieurs aux mauvais lecteurs, quelle que soit la condition (avec ou sans le dessin). En outre, le dessin n'apporte aucun bénéfice quant aux performances des faibles lecteurs, qui ne semblent pas utiliser les indices phonologiques et sémantiques que celui-ci apporte. Finalement, l'analyse qualitative révèle que parmi les faibles lecteurs, une partie des enfants n'ont pas pu constituer des mots « prononçables » et que chez les faibles lecteurs de niveau CM1 et CM2, seule la première syllabe du mot à constituer était correcte. L'auteure conclut donc que les faibles lecteurs n'ont pas pris conscience de l'importance de l'ordre des lettres dans les mots.

En outre, comme le souligne Bastien-Toniazzo (1995), et conformément à la pensée psychomotrice, la lecture nécessite, en plus de la prise de conscience de l'importance de l'ordre des lettres, la gestion cognitive d'un double parcours d'ordre, visuel et auditif, pour pouvoir mettre en œuvre la médiation phonologique. L'auteur met en avant une étude où 27 enfants en difficulté de lecture (niveau CP, CE1) ont été soumis à une épreuve de comparaison de suites de lettres et de dessins. Les résultats obtenus ont permis de scinder le groupe en deux. Le premier groupe est constitué par les enfants qui ont accepté les pseudo-anagrammes (enfants qui par exemple jugeaient similaires les mots « cabriole » et « bricaole »). Ces enfants ont été considérés comme insensibles à l'ordre des lettres. Le deuxième groupe est constitué d'enfants sensibles à l'ordre des lettres, rejetant donc les pseudo-anagrammes. L'auteure a ensuite cherché à savoir si la difficulté du second groupe d'élèves se situait plutôt dans la gestion du double parcours d'ordre. Pour ce faire, elle les a soumis à une seconde tâche qui consistait à identifier, dans une suite de 12 lettres (ou dessins), les 6 lettres (ou dessins) non présentes dans la séquence cible présentée préalablement. Les résultats confirment l'hypothèse de l'auteure : les difficultés en lecture chez les enfants participant à cette étude pourraient être attribuées soit à la non prise en compte de l'ordre des lettres, soit aux difficultés de gestion de double parcours d'ordre lors du décodage.

Dans une autre perspective, l'importance de la mémoire sérielle ou ordinale dans l'apprentissage de la lecture est étudiée par Demont, Nithart et Metz-Lutz (2010). En effet, le décodage implique l'utilisation de la mémoire de travail phonologique. Ces auteurs mettent en avant l'importance cruciale de la composante sérielle de la mémoire phonologique de l'apprenti-lecteur, afin que celui-ci puisse réaliser sans difficulté les conversions graphophonémiques. Pour tester leur hypothèse, les auteurs ont proposé une étude longitudinale impliquant 34 enfants. Ces derniers ont été évalués en grande section de maternelle et au CP. Ont été pris en compte, l'efficience non-verbale (matrice de Raven), le niveau de vocabulaire, la discrimination auditive (jugement de paires de syllabes) et la conscience phonologique (jugement autour d'une unité commune à deux items présentés sous forme d'une image). La mémoire phonologique a été évaluée en utilisant une épreuve de rappel immédiat de listes de mots monosyllabiques et une épreuve de reconnaissance de l'ordre sériel (jugement entre deux listes de chiffres). Au CP, le test de l'Alouette a permis de mesurer le niveau de lecture.

L'étude corrélative a mis en évidence l'existence de relations entre les résultats obtenus à l'épreuve de reconnaissance de l'ordre sériel (niveau GSM) et les résultats aux épreuves de discrimination auditive du niveau GSM et du niveau CP. En outre, les performances à l'épreuve de reconnaissance de l'ordre sériel au CP sont corrélées avec les performances aux épreuves de conscience phonologique du niveau GSM et du niveau CP, mais également avec celles obtenues au test de décodage de « l'Alouette ». Les résultats obtenus à l'épreuve de rappel immédiat de liste de mots, qui constitue une évaluation traditionnelle de la mémoire à court-terme, sont corrélés avec les scores obtenus en discrimination phonologique et en conscience phonologique pour les deux niveaux scolaires. Les auteurs ont également procédé à une étude de régression hiérarchique afin de déterminer la part de variance sur le décodage en lecture en fin de CP qui peut être attribuée à la reconnaissance de l'ordre sériel. Placé en dernière position, le traitement de l'ordre sériel expliquerait tendanciellement (mais non significativement) 8% de la variance en décodage. Ainsi, Demont et al., (2010) expliquent que l'importance de la conscience phonologique tend à diminuer en faveur de la composante sérielle de la mémoire phonologique qui devient la compétence fondamentale pour un décodage efficace une fois que l'apprenti-lecteur a suffisamment intégré le code graphophonologique.

5.2.2. Rythme et langage écrit

Plusieurs études récentes mettent en évidence des liens entre les compétences rythmiques et la lecture (Dellatolas, Watier, Le Normand, Lubart et Chevrie-Muller, 2009; David, Wade-Woolley, Kirby et Smithrim, 2007, Bolduc, Montésinos-Gelet et Boisvert, 2014), mais la recherche de liens entre les deux avait déjà suscité l'intérêt de certains auteurs. Ainsi, Sterritt et Rudnick (1966) ont établi un lien entre le rythme et les compétences en lecture. Leur étude a porté sur 36 enfants de 9 ans. Les auteurs ont effectué diverses mesures, dont la lecture, la perception auditive, et ont proposé trois épreuves de sélection de la bonne structure rythmique selon trois modalités de passation (purement visuel, purement auditif, et frappé avec un crayon sur la table donc présenté sous forme bimodale). Les auteurs rapportent des corrélations de force moyenne entre toutes les mesures. Mais les résultats à l'épreuve de reconnaissance de rythme passé sous la modalité auditive contribuent à 23 %, et de façon indépendante des autres variables, à la performance en lecture.

Plus récemment, Bolduc et al. (2014) ont mis en évidence l'existence de corrélations significatives entre les compétences musicales et les compétences phonologiques chez 61 enfants d'âge préscolaire (âge moyen 4,7 mois). Les auteurs ont mesuré la conscience phonologique, deux compétences musicales (perception de la hauteur et perception de la durée) et la mémoire spatiale. Les tâches de perception de la durée consistaient à comparer deux séquences rythmiques. Cette épreuve de durée qui peut être assimilée à une épreuve de perception du rythme est corrélée positivement à l'épreuve de conscience syllabique et moins fortement au score global en conscience phonologique. Par ailleurs, l'épreuve de comparaison de mélodies, évaluant la perception de la hauteur, est corrélée à l'épreuve de conscience syllabique et au score global en conscience phonologique. Les auteurs concluent alors que de meilleures compétences musicales, et donc du traitement de la durée et du rythme, améliorent le traitement linguistique, du moins au niveau de la syllabe.

L'intérêt particulier de l'étude de David et al. (2007) est qu'il s'agit d'une étude longitudinale. Les auteurs ont suivi une cohorte d'enfants d'âge scolaire (53 au début puis 38 à la fin de l'étude) pendant 5 ans, du CP (âge moyen de 6 ans) jusqu'au CM2. La première année, les auteurs ont administré une épreuve de production de rythme, des épreuves de conscience phonémique (détection phonémique, fusion phonémique, suppression phonémique), de dénomination rapide (de couleurs et d'images) et de lecture de pseudo-mots et de mots. Les années suivantes, seules les épreuves de lecture (pseudo-mots et mots) de mots sont testées.

Pour tous les niveaux scolaires, des corrélations significatives sont retrouvées entre les épreuves de rythme (épreuve de production rythmique administrée en CP) et les épreuves de lecture, du niveau CP au niveau CM2. De plus, la première année, des corrélations significatives sont établies avec les épreuves de conscience phonologique et de dénomination rapide.

En plus de l'analyse corrélative, une étude de régression a tenté de comprendre le rôle du rythme dans les compétences en lecture (David et al., 2007). Le pourcentage de variance en lecture attribué aux compétences rythmiques est statistiquement significatif pour l'ensemble des niveaux scolaires étudiés. Plus précisément, après avoir opéré des analyses de régression, les auteurs ont mis en avant que le rythme prédît 9 % des compétences en lecture pour le niveau CM2, après avoir contrôlé le rôle de la conscience phonologique. De même, en contrôlant le niveau obtenu lors de l'épreuve de dénomination rapide, le rythme prédit significativement le niveau de lecture du CE1 au CM2.

L'étude de Dellatolas et al. (2009) a également mis en lien les compétences rythmiques, évaluées avec l'épreuve de reproduction de structures rythmiques de Stambak et les compétences en lecture. Ainsi, en maternelle, ont été administrées à un panel de 1028 enfants une batterie de tests dont l'épreuve de reproduction de structures rythmiques, des épreuves de répétition de mots, de chiffres, de phrases, une épreuve de mémoire narrative, une épreuve d'attention visuelle, le test du dessin du bonhomme et une épreuve de copie de figures. D'après l'analyse corrélative des résultats obtenus en maternelle, les performances à l'épreuve de rythme utilisée sont liées significativement à l'ensemble des épreuves de répétition orale. Sur le panel des 1028 enfants, 695 sont réexaminés au CE1. Pour cela, ont été utilisées des épreuves de dictée (phonèmes, syllabes, phrases et texte) de lecture (lettre, syllabes, mots réguliers, pseudomots) et de compréhension. L'épreuve de rythme précédemment utilisée est maintenue. A travers l'analyse des résultats, les auteurs concluent que :

- l'apprentissage de la lecture, la perception et reproduction de rythme sont liés,
- les compétences rythmiques en maternelle prédisent les compétences en lecture en CE1,
- cette valeur prédictive ne s'applique pas seulement aux apprenti-lecteurs en difficultés. Elle est indépendante du niveau socio-économique et des tâches cognitives évaluées en maternelle (mémoire, attention).

L'étude espagnole de González-Trujillo, Defior et Gutiérrez-Palma (2014) a également mis en évidence des corrélations significatives entre l'épreuve de reproduction de structures rythmiques de Stambak et la lecture, chez 67 enfants de 8 ans 8 mois (âge moyen). L'épreuve de lecture administrée consiste à faire lire à l'enfant une centaine de mots et permet d'obtenir trois mesures : le décodage (application du processus de conversion graphophonologique), la fluence en lecture (les mots lus de manière segmentée où les faux départs de lecture sont comptabilisés) et la bonne accentuation des mots (spécifique à la langue espagnole). L'épreuve de rythme est corrélée positivement aux trois scores en lecture. À noter que dans cette étude, l'épreuve de rythme est également corrélée avec la mémoire de travail verbale (empan de chiffres envers) et l'épreuve mesurant l'intelligence verbale. D'après l'analyse de régression hiérarchique, et après contrôle de l'intelligence verbale et de la mémoire de travail verbale, le rythme est prédicteur des compétences en lecture, quelle que soit sa position dans l'analyse, à l'exception du score en décodage.

L'importance de la prosodie dans la lecture a été étudiée par Whalley et Hansen (2006). Comme expliqué précédemment, la prosodie d'une langue parlée inclut notamment son tempo, son rythme, sa mélodie et ses accents. Selon ces auteurs, la prosodie pourrait jouer un rôle important tant dans la compréhension du langage oral que dans l'accès au langage écrit. Ils ont ainsi proposé une étude portant sur 84 enfants de CM1 et ont évalué les compétences en lecture, en conscience phonologique, la sensibilité à la prosodie et les compétences en perception du rythme en contexte non linguistique. Dans la première épreuve de sensibilité prosodique, les enfants écoutaient dans un premier temps une phrase cible (par exemple, un titre de film ou de livre). Ensuite, ils écoutaient deux autres phrases dépourvues d'information phonologique. Parmi ces deux phrases, ils devaient choisir celle qui possédait les mêmes accentuations, rythme et intonation que la phrase cible. La seconde épreuve prosodique testait la capacité des enfants à distinguer des mots composés et des groupes nominaux (« *chocolate-cake and honey* » versus « *chocolate, cake and honey* », Whalley et Hansen, 2006, p 294). L'étude corrélative indique tout d'abord des corrélations moyennes significatives entre l'épreuve de perception de rythme et les épreuves de lecture de mots, de conscience phonologique, mais aussi avec les compétences en sensibilité prosodique. La sensibilité prosodique est également corrélée avec l'identification de mots, la perception du rythme et la conscience phonologique. Dans le cadre de leur analyse de régression, les auteurs ont montré que les compétences en perception du rythme contribuaient à 6,5 % des compétences en

identification de mots. La sensibilité prosodique contribue également, mais plus faiblement à la variance en lecture.

D'autres études se sont intéressées aux liens entre la sensibilité au rythme du langage oral, donc à la prosodie, et la lecture. Pour donner suite à une première étude de l'équipe de Holliman étudiant les liens entre la prosodie et certaines compétences en lien avec la lecture (notamment la conscience phonologique), Holliman, Wood et Sheehy (2010) ont proposé de réévaluer la même cohorte d'enfants, un an plus tard afin de tester l'hypothèse de la valeur prédictive de la sensibilité prosodique sur les compétences en lecture. Lors de la première étude, les enfants ont été évalués à l'aide de tests de vocabulaire (réceptif), de conscience phonologique (identification de rimes, suppression de phonèmes) et d'une épreuve de sensibilité au rythme du langage oral. Dans cette épreuve, il s'agissait de faire écouter à l'enfant un mot dont l'accentuation avait été modifiée, qu'il devait retrouver et corriger. Un an après, Holliman et al (2010) ont évalué en plus chez ces enfants la lecture de mots, la compréhension et la fluence en lecture. Les résultats obtenus montrent que les performances à l'épreuve de sensibilité prosodique (1er test) sont liées à celles obtenues en conscience phonologique (1er et 2nd test), en niveau de vocabulaire (1er test), en lecture de mot (2nd test) et à la compréhension en lecture. Après avoir contrôlé l'âge, le vocabulaire et la conscience phonologique, la sensibilité prosodique explique 2,2% de la variance en lecture de mots. A noter que pour la compréhension, les résultats de l'analyse statistique s'approchent fortement du seuil de significativité, mais ne l'atteint pas. Ainsi, selon les auteurs, la sensibilité prosodique pourrait faciliter le décodage.

D'autres recherches ont étudié de façon plus générale le lien entre les compétences musicales, incluant le rythme, et les prérequis à la lecture, chez les enfants de maternelle. Anvari, Trainor, Woodside et Levy (2002) ont testé les habiletés en prélecture, en conscience phonologique, en mémoire verbale et en vocabulaire chez les enfants de 4 et 5 ans. Chez les enfants de 4 ans, les compétences musicales, incluant le rythme, sont corrélées significativement avec l'ensemble des autres compétences évaluées. À 5 ans, les compétences rythmiques ont été évaluées séparément. Pour cette tranche d'âge, le rythme est corrélé avec la conscience phonologique, l'empan de chiffres et le vocabulaire.

Si les liens corrélatifs ont déjà été mis en évidence entre les compétences rythmiques et les compétences en lecture, quelques études ont montré les effets positifs des entraînements, plus ou moins directement liés aux compétences rythmiques, sur l'apprentissage de la lecture.

A titre d'exemple, Degé et Schwarzer (2011) ont proposé de comparer, chez des enfants d'école maternelle, les effets de deux programmes (musical et en conscience phonologique) sur le développement des compétences en conscience métaphonologique. Un groupe contrôle recevant un entraînement sportif a été mis en place. L'entraînement musical proposé dans cette étude incluait essentiellement du chant, des exercices rythmiques, de la danse, et un apprentissage des bases de la notation musicale. L'entraînement phonologique proposait des exercices de rimes, de perception de syllabes et de phonèmes, et une intervention autour des concepts de « mot » et de « phrase ». Les entraînements ont été pratiqués quotidiennement, durant 10 minutes, sur une période de 20 semaines. La comparaison entre les résultats pré et post intervention ont mis en évidence une progression significative entre les compétences en métaphonologie des enfants ayant reçu l'entraînement musical et l'entraînement phonologique. Pour le groupe contrôle, aucune amélioration statistiquement significative n'est relevée. De plus, les auteurs n'observent pas de différence significative entre les progrès du groupe entraîné avec de la musique et celui ayant reçu l'entraînement phonologique et concluent donc qu'une intervention musicale permet de développer les compétences en analyse phonologique aussi bien qu'un entraînement à la conscience phonologique.

Auparavant, plusieurs études avaient déjà étudié les effets des entrainements musicaux sur l'apprentissage de la lecture. Ainsi, Bolduc, Lavoie, et Fleuret (2009) ont recensé et analysé 5 études, présentées dans le tableau 4, qui ont toutes, malgré les limites méthodologiques de chacune, montré les bénéfices d'une telle intervention sur les compétences en lecture.

Tableau 4 : Etudes citées dans la synthèse de Bolduc et al (2009).

Objectif / protocole	Résultats et / ou conclusion
Standley et Hughes (1997) : 2 groupes (N=12 pour chaque groupe) Age moyen : 4-5 ans	
Comparaison entre un programme musical axé sur les compétences en prélecture et un programme musical axé sur le développement des compétences en préécriture	Amélioration des compétences en lien avec le langage écrit (lecture et écriture).
Register (2001) : 2 groupes (N=25 pour chaque groupe) Age moyen 4-5 ans	
Comparaison entre le programme musical axé sur le développement des compétences en prélecture de Standley et Hugues (1997) et un programme de musicothérapie classique	Les deux programmes permettent l'éveil au langage écrit. Les programmes interdisciplinaires musique / langage permettent l'émergence des habiletés en lecture.
Colwell et Muller (2002) : études de 5 cas Enfants entre 5 et 8 ans	
Etude de l'effet d'un programme musical (incluant des activités rythmiques) sur les performances à une épreuve d'épellation	Bénéfices pour les enfants ayant reçu l'entrainement musical.
Steel (2006) : 1 groupe témoins (n=19) et 1 groupe expérimental (n=20) Enfants scolarisés en maternelle jusqu'à la deuxième année d'enseignement élémentaire	
Comparaison entre un programme musical (écriture de mélodie, chant, rythme, …) et un programme d'entrainement aux habiletés sociales	Amélioration significative du groupe expérimental à l'épreuve de décodage de mots.
Register, Darrow, Standley et Swedberg (2007): 1 groupe témoin (n=17) et 1 groupe expérimental (n=16) Enfants de deuxième année d'enseignement élémentaire	
Etude de l'effet d'un entrainement au langage écrit, avec ou sans entrainement musical (écoute, chant, composition, rythme, …)	Au niveau du groupe expérimental, les élèves les plus en difficulté ont significativement amélioré leurs résultats à l'épreuve de décodage, mais pas en compréhension. Les autres voient leur performance s'améliorer de façon moins importante.

En France, Chobert et Besson (2012) proposent une revue d'une série de recherches effectuées par leur équipe afin de comprendre l'intérêt de l'apprentissage musical sur l'apprentissage de la lecture. La première étude compare, chez 28 enfants de 9 ans en

moyenne, musiciens (n = 14) et non musiciens (n = 14), les compétences en traitement des variations de fréquences et de durée des sons linguistiques. D'après l'équipe de chercheurs, la sensibilité à la durée des phonèmes correspond au VOT (Voice Onset Time, ou délai d'établissement du voisement), paramètre de traitement indispensable pour permettre de distinguer les consonnes non voisées et voisées (/p/ versus /b/). En comparant les deux groupes, les auteures concluent notamment que les enfants musiciens opèrent un meilleur traitement de la durée du matériel linguistique, et par conséquent, sont plus sensibles à la durée du voisement. Les enfants musiciens ont donc des représentations phonologiques plus fines que les non musiciens. La question de savoir si l'apprentissage musical influence positivement le traitement linguistique a alors été soulevée. Pour répondre à cette interrogation, a été mis en place un protocole longitudinal composé d'un prétest, d'une première phase d'apprentissage (6 mois) de la musique ou de la peinture, d'un post-test intermédiaire, d'une nouvelle phase d'apprentissage (6 mois) et d'un post-test final. Lors des différentes phases de tests, des épreuves d'efficience intellectuelle (WISC IV, matrices de Raven), d'attention, langagières (issues de la batterie de dépistage ODEDYS) et de sensibilité aux fréquences et aux durées ont été administrées. Les résultats obtenus montrent une évolution positive des compétences neuropsychologiques et langagières pour les deux groupes, indiquant, selon les auteurs, l'effet de maturation correspondant aux progrès développementaux des enfants. Néanmoins, les résultats obtenus à l'EEG indiquent que les enfants du groupe « musique », après une année entière d'apprentissage sont devenus plus sensibles à la durée des syllabes. Cette expérience va dans le sens d'un lien de cause à effet, c'est-à-dire que l'apprentissage de la musique aurait des bénéfices importants sur le traitement des paramètres linguistique et phonologique du langage oral. Par conséquent, des bénéfices pour l'apprentissage de la lecture sont possibles (Chobert et Besson, 2012).

5.2.3. Comment la musique développerait-elle les compétences en lecture ?

Comme nous l'avons expliqué précédemment, plusieurs études, comme celles d'Anvari et al. (2002), Bolduc et al. (2014), David et al. (2007), ou encore Dellatolas et al. (2009) ont montré des liens importants entre les compétences musicales et/ou rythmiques, la conscience phonologique et la lecture. D'autres, comme celle de Degé et Schwarzen (2011), ont mis en

évidence qu'un entrainement musical peut apporter au développement des habiletés en lecture. Habib et Commeiras (2014) et Patel (2012) ont tenté d'expliquer ces relations.

Selon Habib et al (2014), un entrainement musical pourrait, en cascade, développer une série de compétences qui faciliteraient l'accès au langage écrit. L'entrainement musical rendrait plus efficace le traitement auditif d'une manière générale, et par conséquent améliorerait le traitement linguistique. De ce fait, les compétences en langage oral seraient elles aussi développées. Celles-ci incluent entre autres la conscience phonologique. En conséquence, l'accès au langage écrit devrait être facilité. Toutefois, en parallèle, un tel entrainement bénéficierait également aux compétences attentionnelles ou encore mnésiques. Leur développement contribuerait aussi à augmenter les performances en lecture. La figure 13 présente les effets potentiels d'un entrainement musical sur les compétences en lecture.

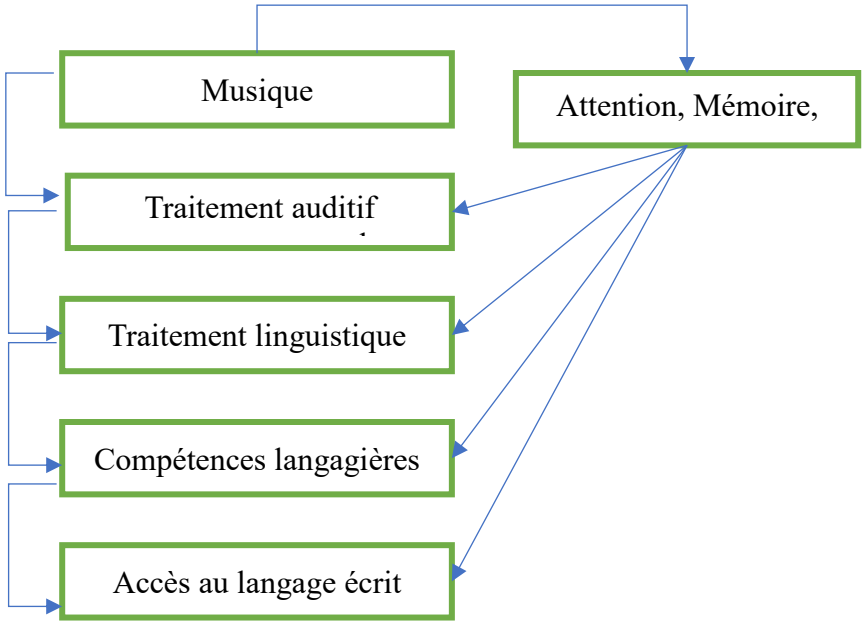


Figure 13 : Effet de l'entrainement musical sur les compétences en lecture (Habib et Commeiras,, 2014) (→ : améliore).

Pour compléter la proposition de Habib et Commeiras (2014), il est possible de faire référence à l'hypothèse de Patel (2012). En effet, pour décrire les bénéfices que les entrainements musicaux auraient sur les compétences en lecture, l'auteur décrit l'hypothèse « Overlap, Precision, Emotion, Repetition, Attention » (OPERA)

Ainsi, Patel (2012) explique que les réseaux neuronaux qui traitent la parole et la musique sont similaires, ou en tout cas se « chevauchent » (« Overlap »). Ainsi, sollicitant les mêmes zones cérébrales pour être traités, la musique favoriserait le traitement du langage oral. Plus encore, le traitement de la musique solliciterait des compétences supérieures ou plus complexes pour le cerveau que celles du traitement du langage oral. Il s'agirait d'une condition essentielle pour que les entrainements musicaux puissent bénéficier au traitement du langage oral. En ce sens, l'entrainement musical pourrait donc développer la « Precision » du traitement du langage oral. En outre, pour que l'entrainement musical puisse avoir un effet positif sur le traitement de la parole, il faut également, selon l'auteur, que les activités musicales aient une portée émotionnelle pour les individus (« Emotion »), et qu'elles soient effectuées de manière fréquente (« Repetition »). Ces conditions devraient permettre la plasticité cérébrale et en conséquence, le développement des compétences en traitement du langage oral. Finalement, les activités musicales solliciteraient également l'attention sélective, dans le versant auditif, indispensable pour percevoir les éléments constitutifs de la musique (sons, accents, accords). L'amélioration de l'attention faciliterait également l'accès au langage écrit.

Les entrainements musicaux auraient donc comme effet de développer les zones cérébrales en lien avec le traitement du langage oral, ce qui faciliterait le développement de la conscience phonologique et l'apprentissage de la lecture. De plus, Habib et Commeiras (2014) et Patel (2012) se retrouvent également en suggérant que les entraînements musicaux développeraient également les habiletés cognitives communes à la musique et à la lecture, comme la mémorisation et l'attention.

6. Conclusion sur la place de la structuration temporelle dans l'accès au langage écrit

Les différentes études citées au cours de ce chapitre mettent en évidence des relations entre la structuration temporelle et le langage écrit. Ainsi, la capacité de reconnaissance des mots, et plus spécifiquement le décodage par l'application du principe alphabétique, impliquerait bien

un traitement de type séquentiel, et donc ordinal de l'information, que cela soit dans la perception du mot écrit (traiter les lettres dans leur bon ordre) ou dans le maintien sériel en mémoire de l'ordre pour l'assemblage. Par conséquent, on retrouve l'importance de la mémoire auditivo-verbale dans le décodage, avec en particulier la composante ordinale, que propose Majerus (2013) dans son modèle. De plus, différentes études, transversales et longitudinales, ont établi l'existence de liens entre des épreuves rythmiques et les compétences en lecture. Il a même été montré que les compétences rythmiques pouvaient prédire les futures compétences en lecture.

Ces études n'ont pas toutes étudié les compétences temporelles et rythmiques en elles-mêmes, mais les ont prises en compte à travers l'étude de la prosodie du langage oral, ou encore l'étude des aptitudes musicales. En ce qui concerne les liens entre la musique et la lecture, il a été montré que l'entraînement musical rendrait plus efficace à la fois les compétences linguistiques, mais également certaines compétences cognitives, permettant de faciliter l'accès au langage écrit. Toutefois, reste en suspens la question de savoir si un entrainement rythmique seul pourrait lui aussi apporter des bénéfices sur l'apprentissage de la lecture. De même, l'effet d'un entrainement plus spécifiquement axé sur le rythme pour favoriser l'apprentissage de la lecture pourrait être questionné.

De plus, ont été établis des liens entre les compétences temporelles et la conscience phonologique et la lecture, mais également entre les fonctions cognitives comme la mémoire de travail, l'attention et l'inhibition, à la fois pour la structuration temporelle et pour la lecture. En conséquence, les possibles bénéfices d'un entraînement rythmique sur la lecture pourraient être dû à une amélioration des compétences linguistiques et / ou à une amélioration du fonctionnement exécutif. Nous tenterons ainsi de mieux comprendre les liens entre les compétences temporelles, les fonctions exécutives et les compétences en lien avec l'apprentissage de la lecture à l'aide de notre premier protocole expérimental (chapitre 6).

Avant de tenter de répondre à ces questions, il serait possible de suggérer qu'une intervention basée sur les compétences temporelles et rythmiques influence positivement les compétences en lecture des enfants dyslexiques.

Chapitre 4 : Vers une rééducation psychomotrice de la dyslexie ?

1. Le trouble spécifique de l'apprentissage du langage écrit

1.1. Définition et critères de diagnostic

Le trouble spécifique d'acquisition du langage écrit (TSALE), encore appelé dyslexie développementale, est une pathologie d'origine neurologique de l'apprentissage de la lecture, qui toucherait, en fonction des auteurs, jusqu'à 7 % des enfants (Ecalle, Magnan et Ramus, 2007; Echenne, 2002; Sprenger-Charolles et Colé, 2013). Le terme spécifique renvoie à un déficit des mécanismes mis en jeu dans l'identification des mots écrits. En soi, pour reprendre la terminologie de Morais (1994), la dyslexie rendrait inefficace la capacité de lecture.

La terminologie retenue par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2008) est celle de « trouble spécifique de la lecture », défini comme « une altération spécifique et significative de l'acquisition de la lecture, non imputable exclusivement à un âge mental bas, à des troubles de l'acuité visuelle ou à une scolarisation inadéquate. Les capacités de compréhension de la lecture, la reconnaissance des mots, la lecture orale et les performances dans les tâches nécessitant la lecture, peuvent, toutes, être atteintes. Le trouble de la lecture s'accompagne fréquemment de difficultés en orthographe […] ». La dyslexie se définit par une série de critères qui vont permettre de la distinguer des difficultés de lecture traditionnelles, c'est-à-dire non spécifiques, comme par exemple celles rencontrées par des enfants présentant un retard cognitif.

En effet, tous les retards dans l'apprentissage du langage écrit ne relèvent pas d'une dyslexie. Le premier critère de diagnostic est, bien entendu, le retard significatif de l'apprentissage de la lecture, objectivé à l'aide d'outils diagnostics normés. Ce retard doit être d'environ 2 ans, ce qui implique l'impossibilité d'un diagnostic formel avant qu'un enfant atteigne la classe de CE2. Effectivement, un diagnostic plus précoce ne semble pas possible, car celui-ci ne peut pas se faire en prenant en compte les habiletés prérequises à la lecture. Il faut pouvoir évaluer

spécifiquement les capacités d'identification des mots (Billard et Delteil-Pinton, 2010; Echenne, 2002; Gérard, 2011; Sprenger-Charolles et Colé, 2013; Van Hout et Estienne, 2003).

Un second critère est celui de la persistance des difficultés, qui doit elle aussi être démontrée par des évaluations objectives (Gérard, 2011 ; Van Hout et Estienne, 2003 ; Billard et Delteil-Pinton, 2010). Une seule batterie d'évaluation ne semble donc pas suffisante pour poser un diagnostic avéré de dyslexie développementale. Des évaluations post-interventions rééducatives doivent montrer que les prises en charge traditionnelles des difficultés en lecture ne suffisent pas à obtenir, dans des délais rapides, des améliorations significatives.

Finalement, l'exclusion d'un ensemble d'autres facteurs qui pourraient expliquer l'échec de l'apprentissage de la lecture doit se faire, comme par exemple (Echenne, 2002; Gérard, 2011; Lussier et Flessas, 2009; Van Hout et Estienne, 2003) :

- un niveau cognitif et intellectuel considéré comme déficitaire par les tests psychométriques ;
- un trouble de la sensorialité ;
- un manque d'assiduité significatif dans le parcours scolaire ;
- d'importants troubles d'ordre psychoaffectif et psychologique ;
- des carences significatives d'ordre socioculturel.

En outre, la présence d'un trouble dysphasique (ou trouble spécifique de l'acquisition du langage oral) devrait être, selon Gérard (2011) et Van Hout et Estienne (2003) un autre critère d'exclusion. Comme vu précédemment, l'audition est la voie d'entrée naturelle des représentations phonologiques et son intégrité est primordiale pour l'accès au langage écrit. Il est donc évident que les difficultés en lecture sont des symptômes classiquement retrouvés chez les enfants dysphasiques. Mais, dans ce cas, celles-ci seraient une conséquence des difficultés spécifiques du langage oral et non dû à un trouble spécifique des processus liés à la lecture.

Finalement, comme le spécifient Ecalle et al., (2007) et Billard et Delteil-Pinton, (2010), le diagnostic de dyslexie se construit moyennant des évaluations orthophoniques, cognitives et neuropsychologiques, sous la direction d'un médecin spécialiste qui assumera notamment la

fonction globale de coordination du parcours de soins de l'enfant et d'accompagnement de ses parents.

1.2. Expliquer l'origine de la dyslexie

Expliquer les causes de la dyslexie reste, encore aujourd'hui, difficile. Les avancés des recherches en psychologie cognitive ont mis en avant la place centrale des difficultés dans le traitement de l'information de nature phonologique chez les dyslexiques. Ainsi, la théorie phonologique, selon laquelle un trouble spécifique du traitement phonologique serait la cause de la dyslexie semble privilégiée par les principaux chercheurs du domaine (Sprenger-Charolles et Colé, 2013 ; Ramus, 2003, Alégria et Mousty, 2004). En effet, comme l'explique Ramus (2003), cette théorie serait, en réalité, la seule capable de rendre compte d'un maximum de cas de dyslexie.

Ainsi, selon la théorie phonologique, les difficultés de lecture résulteraient d'une défaillance spécifique dans l'ensemble des habilités cognitives permettant le traitement phonologique, c'est-à-dire le traitement des sons du langage oral, de la perception jusqu'à la production. Ces difficultés entraveraient alors, par exemple, les compétences en conscience phonologique, en mémoire à court terme phonologique, ou encore en dénomination rapide (Alegria et Mousty, 2004; Delahaie, 2009; Ecalle et al., 2007; Morais, 1994; Ramus, 2003; Sprenger-Charolles et Colé, 2013). En conséquence, l'intégration des correspondances graphème-phonème est rendue difficile, et l'apprentissage de la lecture laborieux pour l'apprenti lecteur. Finalement, il paraît établi que le déficit phonologique serait lui-même causé par des facteurs d'ordre biologiques. Les études en neurobiologique et en neuroimagerie ont montré des anomalies neurodéveloppementales au niveau de certaines zones cérébrales, et plus précisément au niveau des aires pérysylviennes gauches (Ecalle et al., 2007).

En synthèse, la figure 14 ci-dessous décrit le cadre général de la principale théorie explicative de la dyslexie, la théorie phonologique (Barrouillet et al., 2007; Ecalle et al., 2007).

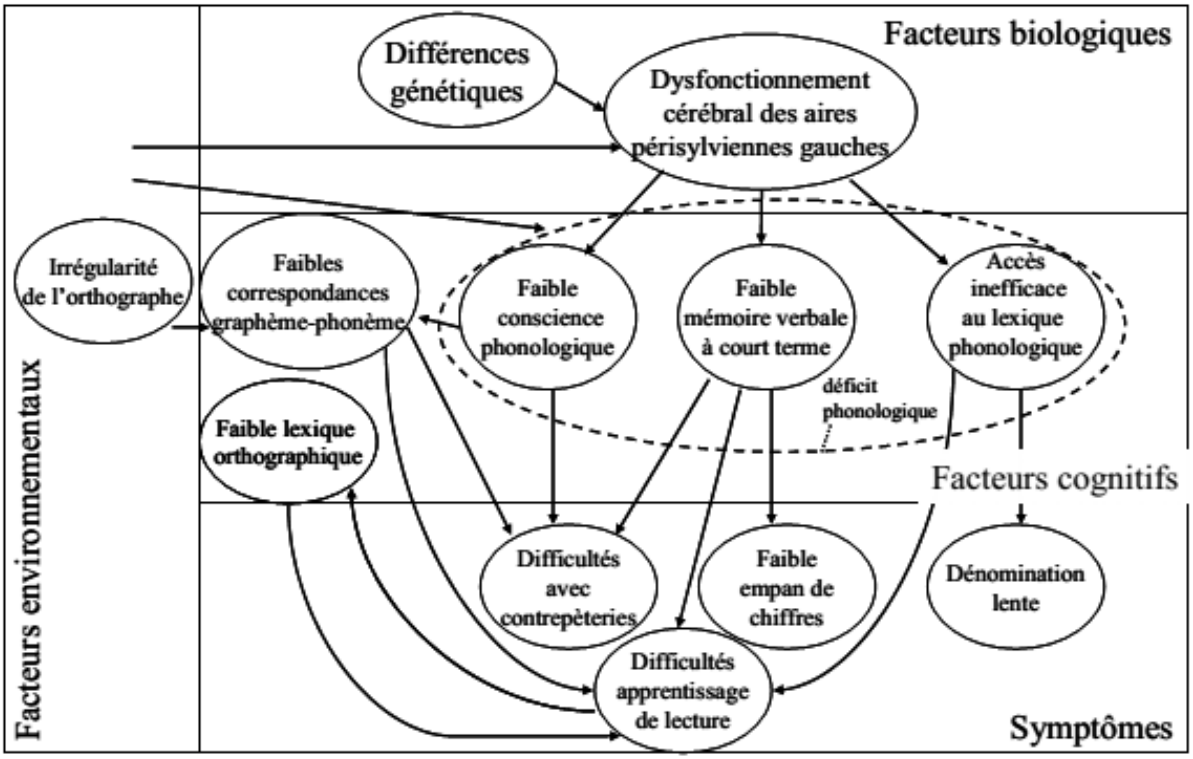


Figure 14 : Cadre général de la théorie phonologique selon Ecalle et al (2007).

La théorie phonologique considère donc la dyslexie comme étant un trouble spécifique de l'apprentissage de la lecture, affectant la mise en place des deux voies de reconnaissances des mots et donc la maturation des capacités de lecture. Elle renvoie également à la place fondamentale de la conscience phonologique comme compétence indispensable à l'accès au langage écrit. Si l'hypothèse du trouble phonologique spécifique est mise en avant à l'heure actuelle pour rendre compte du trouble dyslexique, plusieurs autres hypothèses, de nature plus sensorimotrice, proposent d'expliquer les difficultés d'accès au langage écrit. Celles-ci seront développées plus tard dans ce travail, en lien avec la sémiologie psychomotrice de la dyslexie.

1.3. Types de dyslexie, symptômes associés et incidence

La mise en évidence des deux voies d'identification des mots ayant été élaborées, en partie, grâce aux observations des enfants dyslexiques, il est cohérent que la principale classification de ces troubles les regroupe suivant les trois catégories ci-dessous, notamment en fonction de

différents symptômes associés (Delahaie, 2009 ; Echenne, 2002 ; Lussier et Flessas, 2009 ; Morais, 1994) :

- les dyslexies résultantes d'une atteinte de la voie d'assemblage ou phonologique de lecture, qualifiées de dyslexies phonologiques, ou encore dysphonétique ;
- les dyslexies résultantes d'une atteinte de la voie d'adressage, on parle alors, en fonction des auteurs, de dyslexie dyséidétique, de surface ou lexicale ;
- les dyslexies résultantes d'une atteinte des deux voies, que l'on appelle dyslexies mixtes.

En fonction du type de dyslexique, divers symptômes peuvent être identifiés. Le tableau 5 regroupe les différents symptômes associés aux différents types de dyslexies (Lussier et Flessas, 2009 ; Morais, 1994 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013).

Tableau 5 : Symptômes associés aux différents types de dyslexies.

		Symptômes
Types de Dyslexie	Phonologiques	Déficit de la conscience phonologique, Non-automatisation de la correspondance graphophonologie, Difficultés dans la lecture de pseudo-mots, Trouble de la mémoire à court terme phonologique, Utilisation de la voie lexicale et utilisation du contexte pour l'activité de lecture.
	Lexicales	Non-reconnaissance visuelle des mots, Difficultés de création du lexique orthographique, Utilisation dominante de la procédure d'assemblage, Difficultés de lecture des mots irréguliers, Difficultés plus prononcées dans l'accès au sens,
	Mixtes	Les enfants souffrant de dyslexies de type mixte peuvent présenter n'importe quelles caractéristiques liées aux deux types de dyslexies précédentes.

Ainsi, si l'on se réfère plus concrètement aux stades développementaux du modèle de Frith (1985) et aux stratégies d'identification des mots, la dyslexie phonologique toucherait plus

particulièrement la voie d'assemblage. La dyslexie de surface serait liée à des troubles d'utilisation de la voie d'adressage, donc de la voie visuosémantique, et marquerait un arrêt développemental de la lecture à un stade où les correspondances graphophonologiques simples sont déjà acquises (Van Hout et Estienne, 2003). La figure 15 fait le lien entre les différents types de dyslexies et les stades de développement de la lecture.

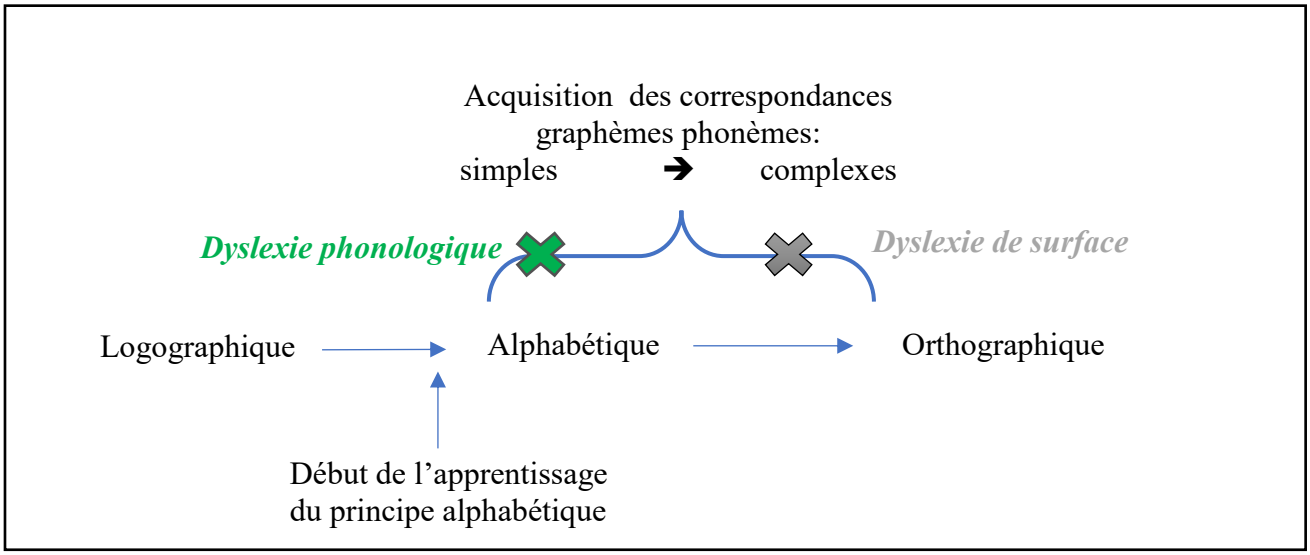


Figure 15 : Dyslexies phonologiques et de surface, en fonction des stades d'apprentissage de la lecture de Frith selon Van Hout et Estienne (2003).

Se pose alors la question de l'incidence des différents types de dyslexie, qui est variable selon les différents auteurs. À titre d'exemple, Echenne (2002) rapporte les résultats d'une analyse rétrospective sur 200 enfants dyslexiques. D'après leurs résultats, il y aurait une forte prédominance des formes mixtes (plus de 60 %), contre environ 15 % de dyslexie de type phonologique et 10 % de dyslexie surface. En 2009, Sprenger-Charolles et al (2009), qui ont également mis en avant une prédominance majoritaire des formes mixtes (environ 50 %), si on prend la précision et le temps de latence en lecture, chez 21 adolescents dyslexiques. Un peu moins de 25 % des adolescents présenteraient une dyslexie de surface, et moins de 10 % une dyslexie phonologique. Selon Sprenger-Charolles et Colé (2013), les variations autour des incidences du type des dyslexies peuvent être expliquées par le type de mesures effectuées (précision en lecture, temps de réponse,…), des techniques d'analyses (appariement par âge chronologique ou par âge lexique) ou encore des langues, et plus précisément de la consistance de leur orthographe.

Malgré les observations plus précises rapportées par la synthèse de Van Hout et Estienne (2003) et Gillet et al (2000) ou les observations cliniques de Gérard (2011), la classification de la dyslexie en phonologique, de surface et mixte est la plus généralement retenue, même si elle est à nuancer. En effet, s'il est admis que les voies de lecture se mettent en place de manière simultanée et que l'utilisation de la voie phonologique permet de mettre en place la voie d'adressage, il devrait, par conséquent, être rare de rencontrer des dyslexiques phonologiques n'ayant pas de difficultés dans l'utilisation de la procédure lexicale. Néanmoins, chez ses sujets, le déficit phonologique observé est plus important que les difficultés orthographiques rencontrées (Sprenger-Charolles et Colé, 2013 ; Gérard, 2011).

En tant que trouble neurodéveloppemental, la dyslexie ne peut se guérir. Néanmoins, une rééducation appropriée, essentiellement accès sur le développement des compétences phonologiques, peut être proposée.

1.4. Prise en charge traditionnelle de la dyslexie

Suivant les courants de pensée des professionnels en charge des enfants dyslexiques, leur suivi peut avoir une vocation pédagogique et rééducative, ou encore psychothérapeutique. Il semble convenu que d'une manière générale, la prise en charge des enfants présentant un trouble spécifique de l'apprentissage du langage écrit doit avoir comme principal objectif la réduction du trouble phonologique par un entraînement spécifique puisque celui est, en effet, considéré comme la cause du trouble dyslexique. Ensuite, l'amélioration du niveau de lecture, la consolidation de l'apprentissage des correspondances entre les graphèmes et les phonèmes, et la réduction des troubles associés (troubles de l'orthographe, difficultés en mémoire à court terme) devraient également faire l'objet d'une intervention (Barrouillet et al., 2007; Barry, 2017; Delahaie, 2009; Ecalle et al., 2007; Leloup, 2015). Il conviendrait également de maintenir fonctionnel les compétences non altérées et de prendre en compte les éventuels troubles psychoaffectifs associés. Pour ce faire, les orthophonistes restent les professionnels interpellés au premier plan.

1.4.1. Généralités sur la prise en charge en orthophonie

Comme le précise Barry (2017), la prise en charge en orthophonie ne peut se résumer en une seconde intervention pédagogique de l'apprentissage de la lecture. En effet, la dyslexie est un trouble spécifique des capacités de lecture et, puisque les méthodes pédagogiques traditionnelles ont été mises en échec, il s'agit alors de proposer à la personne dyslexique des méthodes de rééducations spécifiques et adaptées à ses difficultés.

1.4.1.1. L'évaluation initiale des troubles

Afin d'établir les objectifs de la rééducation, une évaluation initiale des difficultés est indispensable. Les orthophonistes sont habilités à pratiquer cette évaluation. Selon Barry (2017), le point central de cette évaluation sera de déterminer l'importance du trouble phonologique et devra inclure, entre autres, des épreuves de discrimination perceptive auditive, de conscience phonologique, de dénomination rapide et d'empan phonologique. Le niveau d'intégration du code grapho-phonologique est lui aussi évalué, tout comme le degré d'efficience des stratégies de reconnaissance de mots.

À partir du bilan orthophonique initial, un programme de rééducation peut être établi.

1.4.1.2. Prises en charge orthophonique de la dyslexie

S'il est considéré que la rééducation orthophonique se construit à travers les éléments empiriques des recherches effectuées dans le domaine de la lecture et de ses troubles, il est vrai, comme le souligne la synthèse de Barrouillet et al. (2007) pour l'INSERM, qu'il y a peu d'évaluations formelles et rigoureuses des pratiques orthophoniques en France.

La rééducation du traitement phonologique consiste tout d'abord à proposer aux enfants dyslexiques différentes activités phonologiques, souvent combinées avec des exercices visant à favoriser l'intégration des correspondances graphème-phonème et la lecture de mots. Ce type d'activités peut se dérouler dans le cadre d'une prise en charge en orthophonie via des exercices structurés.

En ce qui concerne l'amélioration du niveau de lecture, plusieurs méthodes d'apprentissage de la lecture destinée à être mises en œuvre chez les enfants en difficultés de lecture, voire

dyslexiques, se sont développées dans les années 1960. Elles sont, pour au moins certaines d'entre elles, encore utilisées par les orthophonistes. Van Hout et Estienne (2003) citent comme exemple les méthodes Borel-Maisonny, de Maistre, de Brunfaut et de Bourcier. Ces quatre méthodes peuvent être caractérisées comme étant de type phonétique, c'est-à-dire qu'elles visent, chacune à leur manière, à permettre à l'enfant de se réapproprier le principe alphabétique et la capacité à reconnaître des mots par le processus d'assemblage. Un second point commun est l'utilisation d'autres modalités que le verbal pour permettre l'évolution du niveau de lecture des dyslexiques. Dans la méthode présentée par Borel-Maisonny (1970), les correspondances graphophonologiques sont soutenues par un support gestuel. La méthode Maistre reprend la gestuelle de la méthode précédente et fait intervenir la lettre dans un second temps. Les enfants doivent d'abord comprendre le principe du code, avant d'établir les réelles correspondances graphèmes-phonèmes. La méthode Bourcier utilise, en plus du travail verbal, des activités sensorimotrices permettant l'apprentissage des lettres de l'alphabet, et la méthode Brunfaut la motricité digitale (Van Hout et Estienne, 2003). Ces méthodes ont donc pour objectif de diminuer la symptomatique des troubles de l'apprentissage de la lecture et de potentialiser la reconnaissance des mots, tout en utilisant une activité multimodale ou multisensorielle pour arriver à leurs fins. Il s'agit ici de fournir aux dyslexiques une méthode d'apprentissage de la lecture, qui soit, pour eux, plus efficace que celui traditionnellement utilisé en salle de classe, basée sur des modalités sensorielles autres que la modalité auditive, souvent déficitaire chez ces enfants. Si ces approches apparaissent, cliniquement, comme efficaces pour les enfants en difficultés d'apprentissage de la lecture, elles ne semblent pas qu'elles aient été empiriquement évaluées.

Atteindre une vitesse de lecture adéquate à l'âge chronologique reste, pour les enfants dyslexiques, un point difficile à remédier. Toutefois, la vitesse de lecture peut être stimulée par la technique d'entraînement répété à la lecture avec ou sans distracteur, comme le présente Leloup (2015) dans son étude de cas chez un adulte universitaire et dyslexique. Cet entraînement permettrait selon l'auteur de potentialiser la reconnaissance des mots, et de rendre la lecture de texte plus rapide. Ainsi, pendant six semaines l'adulte bénéficiant de la rééducation à réaliser des séances quotidiennes de lecture d'une durée de 20 minutes. Il devait lire 2 pages d'un livre de son choix, alternativement sans ou avec distracteur (radio, musique,…). La différence de résultats obtenus au pré et au post-test montre que cette

intervention a permis d'améliorer la vitesse de lecture. Le temps de reconnaissance des mots irréguliers est plus court, et la lecture de pseudo-mots est également plus précise.

Pour pallier les difficultés dans le décodage graphophonologique, un entraînement morphologique peut également être proposé aux dyslexiques. Il s'agit ici de leur faire pratiquer une lecture se basant sur les morphèmes, en utilisant un code grapho-morphémique (Ecalle et al, 2007). Ces entraînements semblent aussi avoir des effets positifs sur la vitesse de lecture. A titre d'exemple, Brèthes et Bogliotti (2012) ont testé l'efficacité d'un tel entraînement auprès d'un groupe de 14 dyslexiques, divisé en un groupe expérimental (n = 6) et un groupe témoin (n = 7). L'entraînement morphémique a duré 20 semaines. En plus des meilleurs résultats obtenus aux épreuves de conscience morphémique, l'évaluation post-intervention met en avant des progrès importants au test de lecture (9 mois d'âge lexique). Ce résultat est à la limite du seuil de significativité statistique (p = 0,052). Les bénéfices dans l'entraînement de mots réguliers, irréguliers et pseudo-mots (ensemble des mots non affixés) sont plus faibles (augmentation de la rapidité de réponse d'environ 7 %), mais les dyslexiques lisaient après entraînement plus vite les mots affixés (gain de rapidité de 34 %). L'étude semble bien montrer l'efficacité de l'entraînement morphémique qui permet donc de faciliter chez les dyslexiques la reconnaissance des mots.

1.4.2. Les logiciels informatisés

Plusieurs logiciels semblent déjà avoir montré leur efficacité d'après les études anglo-saxonnes (Ecalle et Magnan, 2002). En France, tel est le cas du logiciel Play-On, qui permet de stimuler les compétences en traitement et discrimination de la parole (Ecalle et Magnan, 2010 ; Ecalle et Magnan, 2002). Il s'agit ici de développer les compétences en perception auditive et visuelle de paires minimales. On peut parler ici d'entraînement audio-visuel. Les effets d'un entraînement de ce type semblent positifs, en complément d'une rééducation orthophonique, dite classique. L'intérêt d'un tel logiciel est sans doute qu'il pourrait être utilisé en groupe (Ecalle et al., 2007). Magnan, Ecalle et Veuillet (2005) ont utilisé un extrait du logiciel Play-One auprès d'un groupe d'enfants dyslexiques (n = 7) apparié à un groupe de dyslexique contrôle recevant une intervention axée sur le développement du vocabulaire. L'entraînement à partir du logiciel a eu des effets positifs sur la sensibilité perceptive, leurs représentations phonologiques semblaient plus fines grâce à l'entraînement qui insistait sur les correspondances entre les graphèmes et les phonèmes.

L'intérêt des logiciels informatisés pour la rééducation des troubles spécifiques de l'apprentissage de la lecture serait son caractère ludique et attractif. L'ordinateur étant souvent source de plaisir pour les jeunes, et non connotés comme instrument de travail. De plus, la rééducation informatisée permettrait plus facilement de travailler en groupe. Toutefois, selon les auteurs, il faudrait veiller à ce que les activités ou exercices correspondent bien au traitement nécessaire des troubles de la personne dyslexique (Casalis, Leloup et Bois Parriaud, 2013).

1.5. Synthèse sur la dyslexie

La dyslexie se définit donc comme un trouble neurodéveloppemental qui empêche l'accès au langage écrit. Traditionnellement, trois formes existent (phonologique, de surface, mixte). À l'heure actuelle, les spécialistes de la dyslexie semblent pointer la théorie phonologique comme la plus à même d'expliquer le trouble spécifique d'apprentissage de la lecture. Comme le suggèrent Plaza et Raynaud (2007), il s'agit là d'une volonté de considérer la dyslexie comme un désordre unitaire dont la déficience d'une structure cognitive serait responsable..

Néanmoins, plusieurs questions restent en suspens. Comme le soulignent Plaza et Raynaud (2007), l'hétérogénéité clinique des enfants dyslexiques ne peut que venir ébranler la conception unitaire de la dyslexie. De plus, la dyslexie est régulièrement accompagnée d'un syndrome sensorimoteur qui, encore aujourd'hui, alimente un débat quant à l'étiologie et aux méthodes de rééducation à utiliser (Ramus, 2003). Comme il sera expliqué plus loin, les dyslexiques peuvent présenter, de manière plus ou moins aléatoire et systématique des difficultés dans les domaines visuo-spatiaux, moteurs ou dans la perception auditivo-temporelle. Si, à l'heure actuelle, la rééducation orthophonique est la prise en charge première pour les dyslexiques, ce syndrome sensorimoteur associé laisse une porte ouverte à d'autres théories explicatives et d'autres perspectives de rééducation. Dans le cadre de cette thèse, c'est le domaine de la structuration temporelle que sera mis en avant.

2. Psychomotricité et dyslexie

2.1. Sémiologie psychomotrice et dyslexie : place centrale du temps

Il est ancré dans la pensée des psychomotriciens que la sémiologie psychomotrice de la dyslexie se décrit par un trouble de la structuration spatio-temporelle, et par répercussion, des compétences qui lui sont liées, c'est-à-dire la latéralisation et le schéma corporel (Benavides, 2002). Bien que certaines théories aient tenté d'expliquer la dyslexie par un mauvais processus de latéralisation, ou des difficultés d'ordre visuel (Van Hout et Estienne, 2003), la systématicité de ces symptômes est aujourd'hui remise en cause. Même si les dyslexiques peuvent présenter des difficultés dans l'ensemble des compétences psychomotrices, il semble admis que les troubles psychomoteurs apparaissant le plus fréquemment en comorbidité avec la dyslexie sont le trouble de l'acquisition des coordinations, ou dyspraxie développementale, et le trouble TDAH (Basse, Albaret et Chaix, 1999). Cette comorbidité apparait comme intéressante car il a déjà été exposé précédemment que ces deux troubles font appel à des processus temporels.

La comorbidité du trouble d'acquisition des coordinations (TAC) avec la dyslexie a été démontrée dans plusieurs études de langues différentes (Albaret, 2008; Chaix et Albaret, 2014). Le trouble de l'acquisition des coordinations peut être entendu comme une difficulté spécifique dans la réalisation de mouvements coordonnés, altérant ainsi le développement moteur de l'enfant. En fonction des études menées à ce sujet, le pourcentage de comorbidité entre la dyslexie et le TAC pourrait aller jusqu'à 80 % (Albaret, 2008). Dans l'étude rétrospective de Chaix et Albaret (2008), qui ont analysé l'ensemble des évaluations psychomotrices des enfants dyslexiques phonologiques ayant consulté à l'hôpital des enfants de Toulouse de 1997 à 2004, 57 % d'entre eux obtiennent un score au-delà de -1,5 écarts-types et 40 % des enfants obtiennent un score pathologique (au-delà de – 2 écarts-types) à l'échelle de développement moteur de Lincoln Oseretsky. La présence de troubles moteurs chez les dyslexiques est également démontrée par Abizeid (2009). Dans cette étude, l'auteur utilise la batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant, évaluant la dextérité manuelle (motricité fine), les compétences en maîtrise de balle (lancer, viser, réceptionner) et l'équilibre. En comparaison avec le groupe normo-lecteur, seules les performances des dyslexiques en maîtrise de balle ne sont pas statistiquement et significativement inférieures à celles des normolecteurs.

Il en va de même pour la question du déficit attentionnel. Chaix et Albaret (2014) expliquent que 45 % d'enfants dyslexiques présentent un déficit de l'attention et Abizeid (2009) rapporte que les enfants dyslexiques obtiennent au test d'attention sélective/inhibition de Stroop des résultats statistiquement inférieurs à ceux des normolecteurs.

Pour aborder plus spécifiquement les compétences temporelles, il faut faire référence aux travaux de Stambak (1951) qui ont depuis longtemps montré les difficultés à structurer le temps chez l'enfant dyslexique.

L'étude princeps de Stambak (1951) reste une référence incontournable pour les psychomotriciens quant aux liens entre le rythme et la lecture. A l'époque, l'auteur mettait en avant l'hypothèse selon laquelle les difficultés de structuration temporelle étaient responsables d'un bon nombre de cas de dyslexie développementale. Elle a donc entrepris la construction d'une batterie évaluant les compétences temporelles et l'a administré à des enfants normolecteurs et à des enfants dyslexiques. Dans son étude initiale, Stambak (1951) a étudié les compétences rythmiques des enfants dyslexiques à l'aide de 6 épreuves :

- le tempo spontané : les enfants sont invités à frapper de façon régulière. On note le temps que le sujet met pour frapper 21 coups. On observe la régularité des frappes ;
- la reproduction de structures rythmiques composées de 3 à 8 coups ;
- la capacité à conserver un rythme simple : répétition de structures rythmiques simples pendant 20 secondes, à tempo choisi par l'enfant, puis le plus vite possible ;
- la reproduction rythmée d'une chanson connue ;
- la reconnaissance de symboles rythmiques : l'examinateur frappe un rythme et l'enfant doit reconnaitre l'écriture du rythme parmi plusieurs propositions ;
- la compréhension du symbolisme des structures rythmiques et lecture de structures rythmiques.

Les dyslexiques présentaient des difficultés massives aux épreuves de reproduction de structures rythmiques, à l'épreuve de conservation d'un rythme simple et à l'épreuve de reproduction de structures rythmiques, de conservation d'un rythme simple, ou encore de reproduction du rythme d'une chanson. A titre d'exemple, pour l'épreuve de reproduction de structures rythmiques, les enfants dyslexiques de 9 ans obtenaient des résultats proches des

enfants normolecteurs de 6 ans. Il existe moins de différences pour l'épreuve de reconnaissance de structures rythmiques, et aucune différence à l'épreuve de tempo spontané. De plus, les dyslexiques semblent comprendre l'écriture symbolique des structures rythmiques, mais ont du mal à les reproduire et donc à les structurer temporellement.

Encore une fois, Abizeid (2009) qui a elle aussi administré l'épreuve de reproduction de structures rythmiques à des enfants dyslexiques, conforte l'idée selon laquelle ces derniers ont des difficultés importantes dans la structuration temporelle.

Ainsi, que cela soit dans le cadre d'un TAC, de difficultés attentionnelles ou dans leur capacité à reproduire un rythme, les dyslexiques présentent des difficultés dans les tâches de nature temporelle. Se pose alors la question de savoir si certains troubles psychomoteurs peuvent être responsables des difficultés en lecture. En effet, même si la théorie phonologique de la dyslexie serait, d'après un bon nombre de références, la seule explication plausible pour rendre compte des difficultés des enfants dyslexiques, certains auteurs ont cherché une explication non phonologique pour expliquer les difficultés durables dans l'accès au langage écrit.

2.2. Les théories non phonologiques pour expliquer la dyslexie

Un large éventail de théories non phonologiques pour expliquer la dyslexie existe. Il ne serait pas question de faire un catalogue exhaustif de chacune d'entre elle mais de développer celles qui pourraient être en lien avec des difficultés temporelles ou avec le fonctionnement cognitif et exécutif.

2.2.1. La théorie cérébelleuse

Comme expliqué précédemment, les troubles de la motricité et de l'équilibre sont fréquents retrouvés en comorbidité avec la dyslexie. C'est ainsi que l'observation clinique des compétences motrices des enfants dyslexiques a suscité, notamment chez Nicolson et Fawcett et leurs collaborateurs (Fawcett, Nicolson et Dean, 1996; Nicolson et Fawcett, 1990; Nicolson, Fawcett et Dean, 2001), le développement d'une théorie explicative de la dyslexie

mettant en jeu un dysfonctionnement du cervelet. Il s'agit de la théorie cérébelleuse ou motrice. Celle-ci apparaît comme pertinente pour ce travail, puisque les difficultés motrices peuvent être, en partie, dû à des difficultés dans l'organisation temporelle de l'action.

Dans les années 1990, ces auteurs publient plusieurs études qui ont mis en évidence chez les dyslexiques, des difficultés dans les compétences motrices qui sont régulées par le cervelet. Ainsi, Nicolson et Fawcett (1990) ont proposé à 23 dyslexiques des épreuves d'équilibre, auxquelles était associée dans un second temps une épreuve distractrice (compter à rebours, puis répondre à un stimulus auditif). Les enfants dyslexiques n'ont pas montré de difficultés significatives lors de la réalisation de la tâche d'équilibre. Par contre, leurs performances en équilibre baissaient significativement s'ils devaient compter à rebours en même temps. La réalisation simultanée des deux tâches ne perturbait pas le groupe témoin. De la même manière, si la deuxième tâche proposée aux dyslexiques était la réponse à un stimulus auditif (ne sollicitant pas la mémoire de travail), les dyslexiques présentaient des résultats moins bons dans deux épreuves d'équilibre sur trois.

De la même manière, en 1996, Fawcett et al., a évalué chez des enfants dyslexiques de trois tranches d'âge (10, 14 et 18 ans) un large éventail de compétences motrices, telles que l'équilibre, la stabilité posturale, et des mouvements complexes comme les diadocosynésies (mouvements rapides de pronation-supination des mains). À l'ensemble des tâches, les sujets dyslexiques présentaient des résultats statistiquement inférieurs à ceux des sujets du groupe contrôle.

Ainsi, pour l'équipe de Nicolson, un dysfonctionnement du cervelet, qui explique les symptômes moteurs chez les dyslexiques, empêcherait d'une manière générale l'automatisation des apprentissages chez ces enfants. Cette hypothèse envisage donc que le trouble dyslexique puisse s'entendre comme un défaut dans l'automatisation de l'activité de lecture (figure 16). Ces difficultés s'accompagnent, toujours d'un point de vue moteur, de difficultés articulatoires qui produisent une défaillance des compétences phonologiques (Delahaie, 2009 ; Sprenger-Charolles et Colé, 2013, Nicolson et al. 2001).

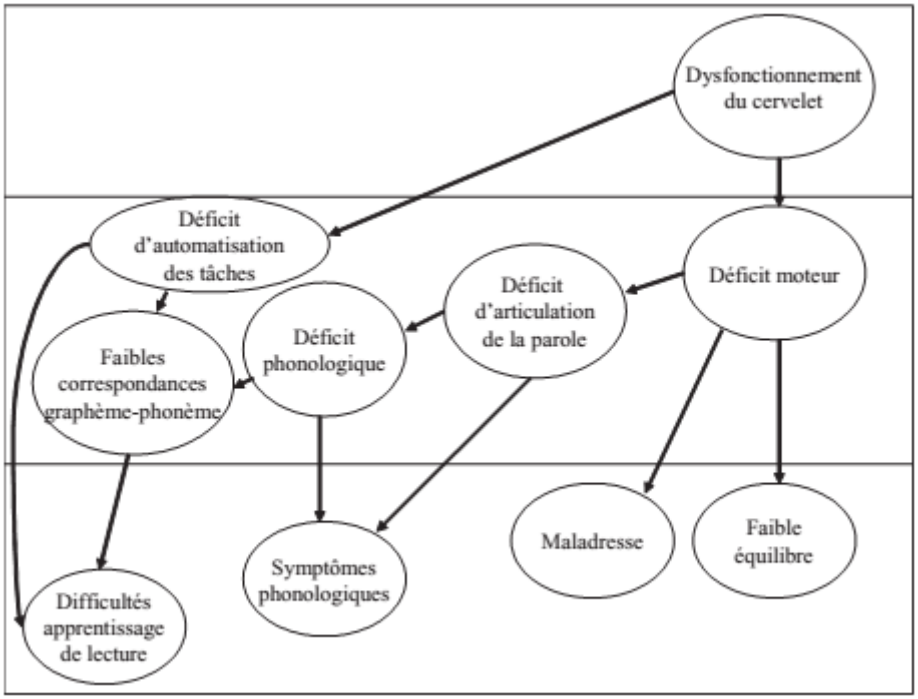


Figure 16 : Cadre général de la théorie cérébelleuse selon Ecalle et al (2007).

Comme l'expliquent Sprenger-Charolles et Colé (2013), cette comorbidité entre troubles moteurs et troubles de la lecture n'est pas systématique. D'ailleurs, ces auteurs remarquent que les troubles moteurs sont repérés chez les dyslexiques essentiellement lorsqu'ils présentent en plus un syndrome TDAH (troubles du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité). Telle a été, par exemple, la conclusion de Raberger et Wimmer (2003), qui ont évalué, chez quatre groupes d'enfants (dyslexiques purs, TDAH, dyslexiques et TDAH, et groupe témoin) les compétences en lecture, en équilibre et en dénomination rapide. La passation du questionnaire de Conners a permis d'obtenir un score pour l'intensité des symptômes d'inattention/hyperactivité. D'après les résultats obtenus, seuls les enfants présentant un TDAH (pur ou avec une dyslexie associée) présentent des résultats significativement inférieurs au groupe témoin pour les épreuves d'équilibre. Les enfants ne présentant qu'un trouble d'accès au langage écrit ont des résultats similaires au groupe témoins dans ces épreuves.

2.2.2. Théorie du déficit auditif de perception de l'ordre temporel

2.2.2.1. Le déficit de perception de l'ordre temporel

Cette théorie explicative de la dyslexie a été élaborée à la suite des travaux de Tallal, qui après avoir démontré que les enfants dysphasiques souffraient de difficultés dans la perception temporelle des stimuli auditifs rapides, a mis en avant que les enfants dyslexiques avaient des difficultés similaires (Tallal, 1980). Cette difficulté empêcherait la réalisation des processus phonologiques requis durant la lecture et pourrait expliquer le trouble phonologique des enfants dyslexiques.

En 1980, Tallal présente une étude où 20 enfants dyslexiques se sont vus administrer une batterie de tests de perception auditive. Les résultats obtenus montrent que les enfants dyslexiques ont des difficultés de perception de l'ordre temporel lorsque les stimuli sont présentés rapidement. En effet, l'intervalle entre deux stimuli auditifs est égal à 428 millisecondes, les deux groupes (enfants dyslexiques vs enfants contrôles) ne présentent pas de différence significative quant à leur performance. Toutefois, si l'intervalle interstimuli est diminué (de 305 à 8 millisecondes), les enfants dyslexiques se retrouvent en difficultés pour ce type de tâche. La différence intergroupe est alors statistiquement significative. De la même manière, s'il s'agit de juger si deux stimuli sont identiques ou non, les enfants dyslexiques se retrouvent en difficulté si l'intervalle qui les sépare est trop court. Tallal (1980) relève également des corrélations entre les performances entre les épreuves de perception auditive et différentes épreuves de lecture, dont une épreuve de lecture de logatomes. D'après les résultats obtenus, les difficultés de certaines dyslexies seraient dues à une incapacité de traitement temporel des perceptions auditives qui affecteraient les compétences phonologiques, comme l'explique la figure 17 ci-dessous.

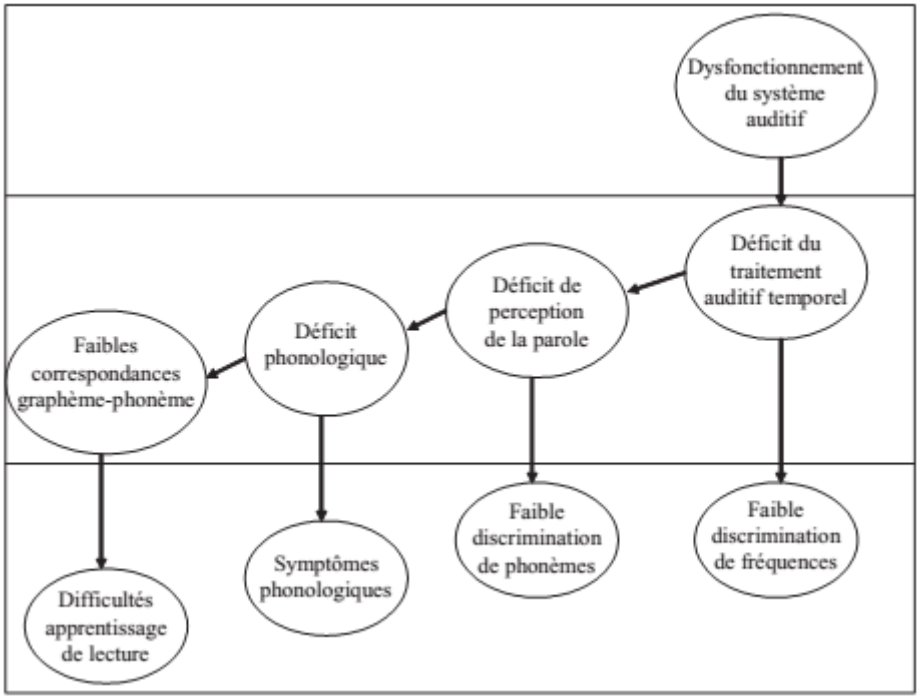


Figure 17 : Cadre général de la théorie du déficit temporel (Ecalle et al, 2007).

Reste que la théorie de Tallal fait encore débat, comme le montre la synthèse des connaissances sur les troubles des apprentissages de Barrouillet et al., (2007) ou la synthèse faite par Sprenger-Charolles et Colé (2013). A titre d'exemple, l'étude de Nittrouer, (1999) vient largement la contester. L'auteur propose des épreuves de métaphonologie et de traitement temporel auditif à des enfants répartis en fonction de leur niveau de lecture. Les mauvais lecteurs sont, de fait, moins performants dans les tâches de conscience phonologique, mais leurs compétences en traitement temporel, dans la modalité auditivo verbale, restent préservées. De la même manière, les enfants en difficultés de lecture ne sont pas en échec dans une tâche de perception rapide de la parole, comme l'ont montré Wood et Terrell (1998). Ces deux études viennent ébranler l'hypothèse du déficit temporel. Sprenger-Charolles et Colé (2013), insistent, en plus, sur le fait que, même dans l'étude princeps de Tallal, une partie de l'effectif des dyslexiques (11 % environ) avait obtenu des résultats normaux à l'épreuve de jugement d'ordre temporel.

Pourtant, certaines études relativement récentes, comme celle de Rey, De Martino, Espesser, et Habib (2002) vont encore dans le sens de l'hypothèse d'un déficit dans la perception temporelle. La confirmation de déficit dans des tâches de jugement d'ordre temporel a été mise en évidence chez les enfants présentant des troubles dans l'accès au langage écrit. Les

auteurs ont testé les compétences en perception auditive d'enfants dyslexiques et ces derniers sont en difficultés lors des tâches sollicitées, et ce, quel que soit l'enchaînement entre les consonnes et les voyelles (syllabes de type CCV ou CVC). On n'observe pas de différence significative quant aux résultats en fonction du type de syllabe. Cependant, si on allonge la durée des consonnes, les résultats aux épreuves sont meilleurs et les dyslexiques deviennent capables de percevoir l'ordre des stimuli auditifs De plus, dans cette étude, des corrélations significatives sont retrouvées entre les tâches de jugement d'ordre temporel et les tâches de conscience phonologique.

La théorie du déficit d'ordre temporel de Tallal serait donc loin de pouvoir expliquer les difficultés des enfants dyslexiques. Cependant, l'expertise collective de l'INSERM (Barrouillet et al., 2007) admet la possibilité, qu'un déficit précoce dans la perception temporelle auditive, éventuellement récupérer par la suite, pourrait engendrer des difficultés au moment de l'apprentissage de la lecture. Les recherches dans ce domaine doivent se poursuivre.

Si la théorie du déficit temporel fait débat quant à pouvoir expliquer l'origine des troubles chez les dyslexiques, elle a tout de même abouti à des programmes de rééducation spécifiques.

2.2.2.2. Traitements associés à la théorie temporelle

Les tenants de la théorie d'un déficit perceptif temporel proposent une méthode de rééducation de la dyslexie par stimulation du traitement de la parole. Il s'agit de faire écouter aux dyslexiques des extraits auditifs de paroles ralentis. Cette méthode permettrait d'augmenter significativement les performances dans les tâches phonologiques. En France, l'équipe de Habib (Habib, 2002) s'est fortement intéressée à cette perspective thérapeutique.

A titre d'exemple, en 1999, Habib et son équipe ont proposé à 6 enfants dyslexiques phonologiques un entraînement à la conscience phonologique utilisant des exercices enregistrés sur disque audio. Les paramètres acoustiques et temporels des exercices ont été modifiés. En parallèle, un groupe contrôle de 6 autres enfants dyslexiques phonologiques a reçu le même entraînement phonologique mais sans modification temporelle des exercices. L'entraînement s'est déroulé une fois par jour, cinq jours par semaine, pendant cinq semaines. Les résultats obtenus montrent une amélioration plus importante, et statistiquement

significative, des capacités en conscience phonologique chez les dyslexiques du groupe expérimental. Leur série d'études semble confirmer l'efficacité d'un entraînement temporo-phonologique sur les compétences en conscience phonologique, sur le traitement du langage oral et dans l'accès au langage écrit, tout en précisant que ce type de rééducation développerait également d'autres facteurs (attention, mémoire auditivo-verbale) qui pourraient également jouer un rôle dans l'amélioration des symptômes des dyslexiques (Habib, 2002). Inspirés de la même théorie étiologique de la dyslexie, des chercheurs finlandais ont entraîné des enfants dyslexiques avec des stimuli sonores associés à des formes visuelles. L'évolution significative du groupe expérimental a également été constatée (Ecalle et Magnan, 2002).

2.2.3. La dyslexie comme trouble des compétences cognitives

2.2.3.1. Le trouble de l'empan visuo-attentionnel

Les troubles de l'empan visuo-attentionnel, traités par l'équipe de Valdois (Valdois, 2008, 2017) permettent de décrire une forme de dyslexie, où le trouble phonologique ne serait pas la seule cause des difficultés en lecture, voire serait inexistant. Elle a mis en évidence un certain nombre de cas de troubles de l'empan visuo-attentionnel chez des enfants dyslexiques ne présentant pas de trouble phonologique (Valdois, 2008, 2017). L'empan visuo-attentionnel correspond au nombre de stimuli traités en simultané pour l'œil. Dans le cadre de la lecture, il s'agit donc du nombre de lettres pouvant être perçues et traitées lors d'une fixation oculaire. L'empan visuo-attentionnel serait significativement inférieur chez certains enfants présentant des difficultés durables dans l'accès au langage écrit.

La mise en évidence de ce type de dyslexie a pu être réalisée à l'aide d'épreuves de report global et partiel (Valdois, 2008). Après la présentation temporaire d'une séquence de lettres positionnées à partir d'un point de fixation central, certains dyslexiques échouent à rappeler les lettres présentées (cas du report global). Dans le cas du report partiel, après la disparition du stimulus, une barre oblique apparaît afin que l'enfant nomme précisément la lettre qui était située au niveau de cette barre (cas du report partiel). Cette tâche est tout aussi difficile. Ces épreuves, qui mesurent le traitement visuel, sont représentatives de l'empan visuo-attentionnel. D'après les différentes études de Valdois (2008), il pourrait exister dans certains cas de dyslexies, un trouble visuo-attentionnel seul responsable des difficultés en lecture, donc non associés à des troubles phonologiques. L'empan visuo-attentionnel aurait un rôle

important dans la lecture, puisque comme l'explique Valdois (2008), la reconnaissance des mots implique une bonne perception et une analyse efficace des suites de lettres constituant les mots à lire.

2.2.3.2. La dyslexie comme syndrome dysexécutif

Il serait convenu que les enfants présentant un trouble spécifique de l'accès au langage écrit présentent des difficultés particulières dans le traitement de l'information. Il a donc été exploré l'hypothèse qu'un trouble des fonctions cognitives et exécutives puisse expliquer les difficultés rencontrées par les dyslexiques.

La dyslexie pourrait-elle être due à des troubles des fonctions exécutives ? Plusieurs études ont tenté de faire le rapprochement entre les fonctions cognitives, exécutives et la dyslexie. Ainsi, Brosnan et al. (2002) ont proposé une série de quatre études concernant les fonctions exécutives chez des personnes dyslexiques. La première étude, concernant 9 adultes dyslexiques appariés à 9 adultes contrôles a pu mettre en évidence des différences significatives entre les deux groupes d'adultes pour les épreuves évaluant la mémoire à court terme et de travail phonologiques (épreuves de répétition de chiffres à l'endroit et à l'envers) et pour l'épreuve d'inhibition. Pour les autres épreuves administrées, incluant par exemple une épreuve de fluence verbale, de planification, … aucune différence significative des résultats n'est repérée.

La seconde étude, impliquant la participation de 30 adolescents dyslexiques (moyenne d'âge : 14 ans) appariés à un groupe contrôle, a permis de confirmer l'existence d'un déficit de l'inhibition des distracteurs visuels associés aux troubles dyslexiques (Brosnan et al., 2002). Ce déficit ne serait pas dû à un trouble plus général de nature visuo-spatiale.

Finalement, dans une dernière étude, les auteurs ont voulu évaluer la fluence verbale, le traitement temporel et la mémoire de travail chez 16 enfants dyslexiques appariés à un groupe contrôle d'enfants âgé de 10 ans. A noter que l'épreuve de mémoire de travail (répétition de chiffres à rebours) a été administrée sous deux formes, en condition normale et avec distracteurs (bruit de fond). Les résultats montrent que les enfants dyslexiques ont plus de difficultés dans les épreuves de fluence verbale, de mémoire de chiffres (dans les deux conditions) et de rappel de l'ordre temporel (Brosnan et al., 2002).

En somme, les auteurs expliquent que les dyslexiques présentent des difficultés significatives en mémoire de travail phonologique, dans le maintien de l'attention et la capacité à inhiber des distracteurs ainsi que dans le traitement temporel de l'information. Ils auraient ainsi des difficultés dans le fonctionnement exécutif, plus particulièrement avec les fonctions assurées par le cortex préfrontal gauche.

Smith-Spark, Henry, Messer, Edvardsdottir et Zięcik (2016) ont plus récemment proposé deux études afin de comparer le fonctionnement exécutif d'adultes dyslexiques appariés à un groupe contrôle.

Dans une première étude, les auteurs ont utilisé un questionnaire comportemental qui peut être divisé en 9 échelles (de mémoire de travail, de planification, d'inhibition, de contrôle émotionnel, etc.) donnant lieu à un calcul d'un indice métacognitif et un indice de régulation du comportement. La comparaison des résultats entre le groupe expérimental et le groupe contrôle montre que l'indice métacognitif est significativement inférieur chez les dyslexiques. En effet, trois des échelles de cet indice sont significativement divergente pour le groupe expérimental. Il s'agit des échelles de mémoire de travail, de planification et de contrôle des tâches. Les dyslexiques ont donc des difficultés significatives dans les aspects particulièrement métacognitifs des fonctions exécutives en comparaison avec des normolecteurs. Les auteurs ont par la suite administré, aux mêmes groupes trois épreuves évaluant le fonctionnement exécutif. La première est une épreuve de flexibilité, en trois étapes, dans laquelle les sujets doivent tout d'abord additionner 3 aux chiffres stimuli, puis soustraire, et finalement alterner entre addition et soustraction. L'analyse des résultats montrent que, chez les dyslexiques, le coût cognitif attaché à cette tâche de flexibilité est plus important. La seconde épreuve est une épreuve d'interférence de type go / no go, avec une phase contrôle et une phase conflit. Le matériel utilisé était des images présentées sur un écran d'ordinateur (lapin / ours) et les sujets devaient appuyer sur une touche du clavier en fonction de la consigne. Pour les deux subtests, le temps de réaction et la qualité des réponses sont mesurés. D'après les résultats obtenus, seule la qualité des réponses pour la situation d'interférence est significativement différente entre les dyslexiques et le groupe contrôle. Les auteurs ont également administré deux épreuves de mise à jour. Dans la première, les sujets devaient résoudre des problèmes arithmétiques, tout en mémorisant des lettres (1 problème, 1 lettre, …). Lorsque tous les problèmes étaient résolus, ils devaient pouvoir redire la suite de

lettre, dans l'ordre. La deuxième épreuve, similaire à la première mais sur le mode non verbal, consistait à déterminer la symétrie ou non de formes géométriques. Entre chaque planche, un quadrillage, avec un carré rouge était montré au sujet. A la fin de l'épreuve, les sujets devaient restituer l'ordre d'apparition des carrés rouges. Les résultats globaux de ces deux épreuves montrent que le groupe de dyslexiques est statistiquement moins performant que le groupe contrôle.

Si Brosnan et al. (2002) ont mis en évidence le déficit d'inhibition chez les dyslexiques, ce fait est conforté par l'étude de Proulx et Elmasry (2014) qui ont utilisé une version du test de Stroop afin de mesurer les capacités d'inhibition et d'attention sélective. S'il paraissait évident pour les auteurs que les difficultés d'inhibition existaient chez les enfants dyslexiques, les auteurs ont choisis d'appliquer leur protocole expérimental à une population adulte afin de comprendre si ce trouble persistait à l'âge adulte. L'étude a donc concerné 4 adultes dyslexiques d'une vingtaine d'années, appariés à 15 individus contrôle.

Le test utilisé consistait en la lecture, le plus rapidement possible, d'une série de noms de couleur sur quatre planches de stimuli différentes :

- sur la première planche, composée de rectangles colorés, les sujets devaient simplement nommer les couleurs ;
- sur la seconde planche, les sujets devaient lire le nom des couleurs. Sur cette planche, les noms des couleurs sont écrits de la couleur correspondante (par exemple, rouge est écrit en rouge) ;
- le même principe s'applique à la troisième planche, mais le nom de la couleur et la couleur d'écriture sont différentes (par exemple, rouge est écrit en jaune) ;
- pour la quatrième planche, les noms des couleurs sont écrits en noir, mais positionnés à l'intérieur d'un rectangle de couleur différente de celle correspondante au mot écrit. Par exemple, vert écrit dans un rectangle de fond rouge.

Sur ces quatre subtests, les enfants dyslexiques montrent plus de difficultés que le groupe contrôle. Pour deux d'entre eux, plus précisément, la seconde planche et la quatrième, les résultats sont significativement plus bas.

Demont et Botzung (2003) ont montré des corrélations entre les performances en lecture, la mémoire de travail verbale et la conscience phonologique chez les enfants présentant un trouble spécifique de l'accès au langage écrit. Les auteurs mettent en avant l'hypothèse que chez les dyslexiques, un dysfonctionnement de la mémoire de travail verbale, et plus précisément de la capacité d'encodage phonologique de la boucle articulatoire, perturberait le développement des compétences phonologiques. Indirectement, une inefficience de cette compétence mnésique affecterait les performances en reconnaissance des mots. Finalement, l'inefficacité de la mémoire de travail chez les dyslexiques a pu être mis en évidence par De Clercq-Quaegebeur et al. (2010) lors de la tentative de détermination du profil cognitif des enfants dyslexiques. Les auteurs ont administré la batterie d'intelligence de Wechler (WISC 4) à 60 enfants dyslexiques âgés entre 8 et 16 ans. Le WISC 4 se compose de plusieurs épreuves permettent de calculer 4 indices : l'indice de compréhension verbale, l'indice de raisonnement perceptif, l'indice de mémoire de travail et l'indice de vitesse de traitement. D'après les résultats moyens obtenus, les enfants dyslexiques présentent des indices de compréhension verbale et de raisonnement perceptif dans la moyenne. L'indice de mémoire de travail est, en revanche, particulièrement chuté. Cet indice se situe dans la zone limite, c'est-à-dire proche de la zone de déficience. L'indice de vitesse de traitement est situé à un niveau intermédiaire, dans la moyenne faible.

Les difficultés dans le maintien en mémoire phonologique à court terme et en mémoire de travail, chez les enfants dyslexiques sont également mises en avant à travers l'étude de cas présenté par Walch et Bon (2009) pour illustrer le profil neuropsychologique des enfants dyslexiques. Le bilan proposé a évalué un large éventail de compétences cognitives et exécutives, attestant chez cet enfant, des difficultés importantes dans les épreuves de maintien à court terme de l'information phonologique. Aux trois épreuves mesurant la mémoire de travail, deux résultats pathologiques sont obtenus. Les résultats apparaissent toutefois corrects aux deux épreuves mesurant l'inhibition, même si à une de ces épreuves, le score obtenu situe l'enfant dans la zone moyenne inférieure. Les compétences en attention, planification et en flexibilité semblent préservées. On observe donc bien chez ce jeune dyslexique un fonctionnement exécutif fragile, marqué par une défaillance importante de la mise en mémoire et du traitement de l'information auditivo-verbale.

2.2.3.3. Vers un traitement cognitif de la dyslexie

Ainsi, les dyslexiques présentent des difficultés cognitives et exécutives, notamment de la mémoire de travail, des compétences attentionnelles et de l'inhibition. Il est donc naturel de se questionner autour de l'intérêt d'une remédiation spécifique axée sur le développement de ces compétences pour améliorer les compétences en lecture chez les enfants dyslexiques. Néanmoins, peu d'études semblent avoir tenté de répondre à cette hypothèse (Majerus et Poncelet, 2017).

Toutefois, au vu de la pertinence du développement des habiletés cognitives pour la prise en charge de la personne dyslexique, Majerus et Poncelet (2017) propose une série d'hypothèses de travail en remédiation cognitive, en se basant sur différents travaux existant portant sur le développement de la mémoire à court terme et la mémoire de travail phonologique. En ce qui concerne le maintien de l'information phonologique, il lui semblerait pertinent de proposer aux dyslexiques un entrainement au stockage de l'information auditive, notamment par des entraînements intensifs à la répétition immédiate. Selon l'auteur, ce type d'intervention serait intéressant pour développer le maintien de l'information phonologique chez des patients aphasiques. De la même manière, des exercices de jugement d'ordre entre deux listes de mots ou de sons pourraient permettre de développer la composante sérielle de la mémoire phonologique. Là aussi, une étude avec des patients aphasiques a montré des bénéfices sur le traitement de l'information phonologique. De la même manière, il serait possible de sensibiliser les dyslexiques à différentes stratégies de maintien de l'information afin de rendre plus efficace le stockage temporaire. Outre la récapitulation articulatoire, il serait possible de développer des stratégies d'association ou de groupements de stimuli pour permettre un stockage plus efficace. Finalement, pour entraîner également le contrôle attentionnel et exécutif lors du traitement de l'information, il serait possible de faire référence aux programmes informatisés de développement de la mémoire de travail qui pourraient eux aussi être pertinents pour les dyslexiques. Ces logiciels, dont le logiciel Cogmed est un exemple, permettraient de développer de manière ludique à la fois les capacités de stockage, mais également les capacités de contrôle (Majerus et Poncelet, 2017).

L'entrainement des compétences attentionnelles sur le niveau de lecture de 20 collégiens dyslexiques a été testé par Chenault, Thomson, Abbott et Berninger (2006). Les auteurs ont proposé un protocole d'entraînement basé sur le programme « Pay Attention ! ». Il s'agit d'un programme de rééducation permettant de stimuler l'attention sous diverses formes (attention soutenue visuelle et auditive, attention sélective visuelle et auditive, attention divisée). Les

participants ont été divisés en deux groupes. Après un pré-test, le groupe expérimental a reçu le programme d'entrainement attentionnel alors que le second a participé à un renforcement en lecture. Dans un second temps, et après un premier post-test, tous les enfants ont reçu un entraînement commun à la lecture et à l'écriture axé sur le développement explicite de stratégies pour dépasser leurs difficultés (comme par exemple, savoir mobiliser ses ressources attentionnelles sur les informations phonologiques, orthographiques ; aide à la planification de la production d'écrit). Le protocole s'est terminé par un dernier post-test. Les évaluations ont inclus des épreuves d'expression écrite, de lecture orale et d'inhibition.

Au premier post-test, il n'existe pas de différence entre les deux groupes, c'est-à-dire que le traitement attentionnel n'a pas plus développé les compétences en lecture que l'entraînement reçu par le groupe contrôle. Toutefois, après le second entraînement (entraînement collectif), les collégiens qui avaient bénéficié du traitement attentionnel présentaient de meilleures compétences en expression écrite et en vitesse de lecture. Ainsi, la stimulation des compétences attentionnelles n'a pas eu un effet direct sur la lecture, mais auraient permis d'optimiser, chez le groupe expérimental, les stratégies qui leur ont été présentées lors du second entrainement.

Ainsi, les théories non phonologiques ont parfois du mal à pouvoir expliquer l'origine du trouble dyslexique et à pouvoir y remédier significativement. Il reste indéniable que les troubles psychomoteurs sont présents, à des degrés divers, chez la personne dyslexique. S'ils ne sont pas considérés aujourd'hui comme responsables du trouble en lui-même, ils sont néanmoins un facteur aggravant des difficultés en lecture (Abizeid, 2009). La mise en avant des difficultés en coordinations motrices (théorie cérébelleuse) ou encore du déficit de la perception rapide des sons de la parole (théorie du déficit de traitement temporel) mettent tout de même en évidence des difficultés dans le domaine de la structuration temporelle chez les enfants dyslexiques. Si les compétences temporelles ont déjà été mises en lien avec la lecture, elles le seront maintenant avec la dyslexie, car elles pourraient être un moyen de rééducation pertinent.

3. Structuration temporelle et dyslexie

D'une manière générale, la place de la structuration temporelle dans les difficultés spécifiques d'accès au langage écrit a déjà largement été évoquée, que cela soit par l'étude principes de Stambak (1951) sur les compétences rythmiques chez les dyslexiques, ou que cela soit par l'hypothèse du déficit d'ordre temporel pour répondre aux questions étiologiques de la dyslexie. Pour conforter les arguments en faveur du lien entre la structuration temporelle et la dyslexie, des études concernant l'ordre temporel et le rythme vont à présent être exposées.

3.1. Ordre temporel et dyslexie

Les dyslexiques auraient des difficultés à traiter l'ordre temporel, c'est ce qui est plaidé par Tallal (1980) dans le cadre de la théorie du déficit temporel de la dyslexie. Néanmoins, les difficultés dans le traitement de l'ordre temporel chez le dyslexique ne semblent pas se résumer à la perception des sons rapides.

Les difficultés à reconstituer l'ordre temporel des stimuli chez les enfants dyslexiques ont été étudiées depuis longtemps. Ainsi, Bakker (1967) propose une étude à travers laquelle il a fait passer à des enfants faibles lecteurs (un groupe d'enfants ayant 2 ans de retard en lecture, et un seconde groupe d'enfants ayant 4 ans de retard en lecture), une série d'épreuves de restitution de l'ordre temporel avec une diversité importante de stimuli : figures signifiantes et non signifiantes (pour la modalité visuelle) puis chiffres et lettres (pour la modalité auditive). D'une manière générale, plus le niveau de lecture est faible, plus ces épreuves sont difficiles pour les enfants. Néanmoins, les lecteurs les plus en difficultés commettent significativement plus d'erreurs lors des épreuves utilisant les lettres et les figures signifiantes.

Par la suite, Plaza (2001) propose trois études de cas d'enfants âgés de 12 ans et présentant un trouble spécifique de l'accès au langage écrit, afin de montrer que le traitement de l'information ordinale, d'une manière générale, poserait problème aux enfants dyslexiques. L'auteur expose et analyse le profil cognitif et linguistique (métaphonologique) des trois enfants. Si des divergences sont observées dans certaines compétences, comme les compétences lexicales (dénomination rapide, fluence verbale, vocabulaire, …), l'auteur met en avant une convergence des résultats autour d'une difficulté massive dans les épreuves liées au traitement ordinal de l'information, qu'elle soit verbale (linguistique ou non linguistique)

ou non verbale. En effet, en plus de difficultés dans les épreuves de suite de mots de la batterie K ABC et des épreuves mémoire des chiffres du WISC et du K ABC, les trois enfants obtiennent de faibles résultats à l'épreuve de mouvements de mains du K ABC. Il s'agit d'une épreuve de reproduction de séquences motrices manuelles. L'échec à l'épreuve non verbale de position de mains met en évidence, selon l'auteur, que c'est le traitement de l'information ordinale, d'une manière générale et donc indépendamment de la modalité sensorielle utilisée, qui est déficitaire chez les enfants dyslexiques.

3.2. Compétences rythmiques et dyslexie

A l'instar des différentes études ayant mis en lien les compétences phonologiques et les performances en lecture des enfants normolecteurs, d'autres auteurs se sont intéressés aux relations entre ces différentes compétences chez les enfants dyslexiques. Ainsi, Huss, Verney, Fosker, Mead, et Goswami, (2011) ont étudié les liens entre les compétences musicales, la perception des temps forts et la lecture chez des enfants dyslexiques et normolecteurs. D'après leur analyse statistique, les enfants dyslexiques ont plus de difficultés dans la perception des temps forts, dans la comparaison et la reconnaissance de mélodies variant en termes de tempo. Des liens corrélatifs sont également marqués entre les épreuves de perceptions métriques musicales, les habilités phonologiques et la lecture.

Concernant plus spécifiquement les compétences rythmiques, Thomson, Fryer, Maltby, et Goswami, (2006) ont proposé une étude concernant 19 adultes dyslexiques appariés à un groupe contrôle de 20 adultes normolecteurs. Les auteurs ont évalué la conscience phonologique (épreuve de suppression phonémique), la dénomination rapide et automatique, et l'empan de chiffres. Ils ont également pris en compte des mesures auditives (discrimination d'intensité et de durée), des mesures rythmiques (discrimination du tempo, synchronisation de rythme avec un métronome) et évalué la motricité manuelle. En comparant les deux groupes, les auteurs ont pu mettre en avant des différences significatives dans les tâches de conscience phonologique et dans les mesures auditives. En revanche, les capacités de discrimination du tempo ne diffèrent pas significativement d'un groupe à l'autre. Au test de motricité manuelle, les adultes dyslexiques présentent des résultats inférieurs pour l'épreuve utilisant la main

dominante. L'étude de corrélations partielles, en contrôlant le quotient intellectuel, montre des relations statistiquement significatives entre les épreuves rythmiques motrices et la lecture, l'empan de chiffres et les mesures auditives. Mais l'étude de régression hiérarchique montre que seules des mesures auditives (incluant la perception des durées et des accents du langage oral) expliquent significativement les résultats obtenus en lecture.

Suite à cette étude, Thomson et Goswami (2008) proposent alors à 48 enfants, dont 25 dyslexiques, âgés de 10 ans en moyenne, différentes épreuves afin de déterminer les liens possibles entre les compétences en lecture et les processus rythmiques, dans les versants perceptifs (auditifs) et en production (versant moteur). Les auteurs ont évalué la lecture, la conscience phonologique (épreuve de conscience de rimes), la mémoire à court terme phonologique (répétition de non mots) et la dénomination rapide. Des mesures auditives, incluant des épreuves de perception de rythme, ont été réalisées : test de discrimination de temps fort, d'intensité, de fréquence et de durée. Les épreuves rythmiques consistaient en une épreuve de discrimination de tempo et de synchronisation au métronome. La dextérité manuelle a, elle aussi, été évaluée. L'analyse des résultats met en évidence des performances significativement inférieures pour les enfants dyslexiques dans les trois épreuves phonologiques. En ce qui concerne les mesures auditives, seule l'épreuve de discrimination d'intensité n'est pas significativement plus difficile pour les enfants dyslexiques. D'une manière générale, les enfants normo-lecteurs sont plus sensibles, dans le traitement auditif que les enfants dyslexiques. L'analyse statistique ne révèle pas de différence significative entre les résultats obtenus par les normolecteurs et les enfants dyslexiques dans l'épreuve de discrimination de tempo. Quant à l'épreuve de synchronisation de frappes avec un métronome, les enfants dyslexiques montrent une plus grande variabilité dans les intervalles inter-frappes, ce qui indique des difficultés dans la synchronisation rythmique motrice. Cette difficulté ne s'explique pas par une difficulté dans la motricité manuelle, puisque les résultats à cette épreuve ne diffèrent pas entre les deux groupes d'enfants. De plus, les mesures rythmiques auditives corrèlent avec les épreuves de lecture. Après contrôle du quotient intellectuel, la perception des durées et la perception du temps fort continuent à être liées à la lecture. La discrimination des durées est également en lien avec l'épreuve de conscience des rimes et de dénomination rapide. La discrimination du tempo est corrélée avec la lecture, même après contrôle du QI. Les épreuves rythmiques auditives et motrices sont corrélées entre elles. Le score composite de l'épreuve de synchronisation est corrélé à la lecture et à la conscience phonologique. Les auteurs concluent alors à l'existence d'un lien, qu'il faut encore

éclaircir, entre les compétences rythmiques et les compétences en lecture. Ils émettent l'hypothèse de bénéfices possibles d'une intervention rythmique sur les compétences en lecture (Thomson et Goswani, 2008).

L'hypothèse d'un déficit dans la perception temporelle chez les enfants dyslexiques a voulu être expliquée par certains auteurs par les troubles de l'attention, fréquemment rencontrés en comorbidité avec le trouble spécifique de l'apprentissage de la lecture. Mais les résultats rencontrés dans les études semblent diverger.

Tiffin-Richards, Hasselhorn, Richards, Banaschewski, et Rothenberger, (2004) comparent les performances obtenues lors de plusieurs épreuves de rythmes frappés (tempo spontané, frappes synchronisées à intervalle fixe, synchronisation de frappes sur une structure rythmique) chez des enfants dyslexiques, TDAH, dyslexiques et TDAH, et un groupe contrôle. Les auteurs concluent de leur analyse statistique que les enfants dyslexiques et les enfants TDAH ont des scores significativement inférieurs aux enfants du groupe contrôle. Néanmoins, aucun des groupes d'enfants ne semble en difficulté si les stimuli sont séparés par un intervalle d'une seconde. Dans cette étude, le groupe d'enfants souffrant d'une comorbidité entre TDAH et dyslexique ne présentent pas de résultats significativement inférieurs aux enfants dyslexiques ou aux enfants TDAH.

Pourtant, Gooch, Snowling, et Hulme (2011) ont voulu tester l'hypothèse selon laquelle, en réalité, seul les enfants dyslexiques ayant en comorbidité un trouble de l'attention (TDAH) ont des difficultés dans la perception du temps. Pour démontrer ce fait, les auteurs ont soumis quatre groupes d'enfants (contrôle (n = 59) ; dyslexiques (n = 17) ; présentant un déficit d'attention, (n = 17) ; dyslexiques + déficit d'attention, (n = 25)) à des épreuves d'estimation et de production de durée. Les auteurs ont également estimé le seuil de discrimination des durées pour chaque groupe. Des épreuves phonologiques (mémoire à court terme phonologique, conscience phonémique), une épreuve de décodage (lecture de pseudo-mot) et des épreuves d'inhibition et d'attention soutenue et de mémoire de travail phonologique et visuo-spatiale ont également été administrée. D'après les résultats obtenus, les enfants dyslexiques présentent un niveau significativement inférieur dans l'ensemble des épreuves phonologiques (suppression de phonèmes, répétition de pseudo-mots, mémoire des chiffres…). En ce qui concerne les mesures des fonctions exécutives, les enfants présentant un déficit d'attention ou un déficit de l'attention accompagné d'une dyslexie obtiennent des

résultats significativement plus faibles que les autres groupes. En comparant les résultats obtenus à l'épreuve de discrimination de durée, les auteurs mettent en avant que les enfants dyslexiques et ceux présentant un trouble de l'attention obtiennent respectivement des résultats similaires et plus faibles que les enfants du groupe contrôle. Les enfants présentant une dyslexie en comorbidité avec un déficit de l'attention ont des résultats statistiquement non divergeant à cette épreuve par rapport aux enfants avec déficit attentionnel. De plus, ces enfants dyslexiques et TDAH présentent un seuil de discrimination des durées significativement plus élevé que ceux obtenus par le groupe d'enfants dyslexiques, ce qui indique qu'ils sont moins sensibles aux variations temporelles Finalement, d'après l'analyse statistique, dans cette étude, les compétences en discrimination des durées sont reliées aux compétences attentionnelles et non aux compétences en lecture. En ce qui concerne l'épreuve de reproduction de durée, ce sont les enfants présentant un déficit de l'attention, avec ou sans dyslexie, qui obtiennent les résultats les plus faibles. En ce sens, les auteurs concluent que les difficultés phonologiques des enfants dyslexiques ne sont pas en lien avec les difficultés dans le traitement temporel, qui serait un trouble associé au déficit de l'attention.

Finalement, certaines études se sont intéressées aux effets d'un entrainement musical sur les compétences en lecture. Ainsi, Flaugnacco et al. (2015) ont voulu tester l'hypothèse selon laquelle, un entrainement musical, en développant les processus temporels et rythmiques améliorerait les compétences phonologiques et en lecture chez les enfants dyslexiques. Les auteurs ont donc soumis 48 enfants dyslexiques à une série d'évaluations, mesurant notamment le niveau de lecture, la conscience phonologique (fusion et segmentation phonémique), les compétences en répétition de pseudo-mots, les capacités de production de rythmes et de synchronisation sensorimotrice. La mémoire de travail a également été évaluée. Les enfants ont été divisés en deux groupes. Le groupe musique, composé de 24 enfants, a reçu un entrainement musical, axé sur les compétences rythmiques (utilisation d'instruments à percussion, danse, activités de synchronisation, …). Le groupe témoins a reçu quant à lui un entrainement aux activités plastiques (groupe peinture) stimulant les compétences visuo-spatiales et manuelles. Les deux entrainements ont été réalisés en petits groupes (5/6 enfants) par des intervenants spécialisés dans le domaine, deux fois par semaine, durant 30 semaines. Chaque séance avait une durée d'une heure. Après la phase d'entrainement, les deux groupes ont amélioré leurs performances. Toutefois, l'analyse statistique révèle que les progrès des enfants du groupe ayant reçu l'entrainement musical dépassent statistiquement ceux obtenus

par le groupe peinture, notamment pour les épreuves de lecture (à l'exception de la vitesse) ou les épreuves mettant en jeu le traitement phonologique (répétition de pseudo-mots, épreuve de conscience phonémique). D'après les résultats obtenus, le groupe expérimental obtient également des meilleurs résultats pour l'épreuve de mémoire de travail. Ainsi, les auteurs concluent qu'un entrainement musical permet d'améliorer les compétences en lecture d'enfants dyslexiques.

En France, Habib et al. (2013) ont proposé une rééducation, dite cognitivo-musicale, à des enfants et adolescents dyslexiques. Dans les études proposées, les auteurs ont tout d'abord voulu vérifier qu'un traitement musical pouvait améliorer les compétences perceptivo-auditives de la parole. Ils ont ainsi soumis 12 enfants dyslexiques à un entrainement de 18 heures, réparti sur trois jours consécutifs, en effectuant des mesures auditives de perception catégorielle (identification et discrimination du phonème /b/ de la syllabe « ba » dans un continuum entre « ba » et « pa »), de perception des durées (les enfants devaient déterminer si la durée de la syllabe centrale d'un mot était congruente ou non), et de hauteur (épreuve de jugement à partir d'extraits musicaux connus). Les résultats mettent en avant une amélioration significative des compétences des enfants dyslexiques dans les tâches d'identification de perception catégorielle, tout comme dans les tâches de perception des durées syllabiques. Les auteurs concluent alors que l'entrainement musical a permis de développer les composantes temporelles du traitement de la parole.

Dans une seconde étude, Habib et al. (2013) ont soumis 12 nouveaux enfants dyslexiques à un protocole de remédiation musicale. Le protocole (voir figure 18) est étalé sur 3 périodes consécutives de 6 semaines, ponctuées par 4 évaluations (T1 à T4).

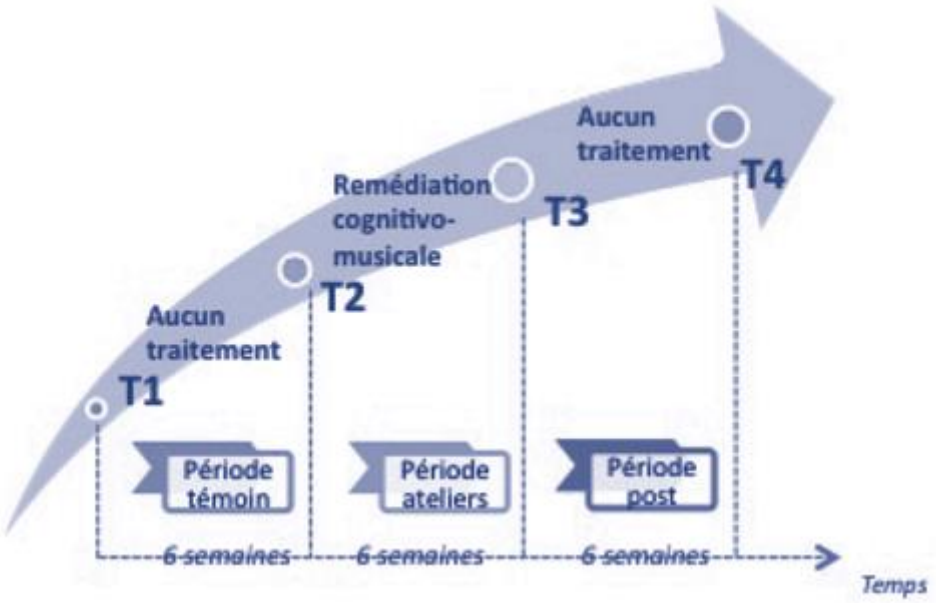


Figure 18: Protocole de la seconde étude d'Habib et al (2014).

L'évolution des compétences des enfants dyslexiques, à travers la comparaison des résultats aux différentes évaluations met en évidence qu'après l'entrainement musical :

- l'épreuve de reproduction de structures rythmiques, et l'épreuve de perception auditive de durée de syllabes (même épreuve que l'étude précédente) ne sont pas mieux réussies ;
- l'épreuve de perception catégorielle (même épreuve que l'étude précédente) est, quant à elle, significativement mieux réussie ;
- les épreuves d'attention auditive et de répétition de pseudo-mots (mesurant l'empan mnésique sur un matériel auditif non signifiant) utilisées sont significativement mieux réussies ;
- le nombre de mot correctement lus en une minute (épreuve de lecture), tout comme le nombre de bonnes réponses à l'épreuve de fusion phonémique est significativement plus important ;
- cependant, aucun bénéfice n'est observé pour les épreuves de mémoire de travail, d'attention visuelle, de discrimination visuelle, ou pour l'écriture.

Ainsi, cette étude et celles présentées plus haut ont mis en évidence le bénéfice d'un entrainement musical sur les compétences en lecture et la conscience phonologique (Flaugnacco et al, 2015 ; Habib et al. 2013). Toutefois, les compétences en lecture ne sont pas les seules à avoir été développées, puisque Flaugnacco et al (2015) observent une amélioration de la mémoire de travail, non repérée dans l'étude d'Habib et al. (2013). Ces derniers observent une amélioration significative des compétences attentionnelles dans la modalité auditive.

4. Quelle rééducation psychomotrice pour la dyslexie aujourd'hui ?

A l'heure actuelle, il semble clair que la prise en charge psychomotrice chez l'enfant dyslexique ne concerne que les sujets présentant des difficultés psycho ou sensori-motrices associées comme l'explique Abizeid (2009). Même si ces difficultés ne sont peut-être pas à l'origine des difficultés persistantes en lecture, ces troubles doivent être traités car ils contribueraient au moins aux difficultés plus globales des enfants dyslexiques (attention, estime de soi, etc.). En ce sens, les objectifs de rééducation sont la réduction, voire si possible la disparition, des troubles associés aux difficultés durables en lecture.

Ainsi, les psychomotriciens ne sont pas les professionnels qui sont amenés à traiter le trouble de la lecture en lui-même. Pourtant, l'intérêt de la sensori-motricité et de l'utilisation du corps et du mouvement pour aider à la rééducation de la dyslexie semble être une piste intéressante. En effet, l'efficacité des méthodes haptiques a déjà été démontrée pour faciliter l'apprentissage de la lecture. De la même manière les techniques spécifiques d'apprentissage de la lecture pour les enfants dyslexiques utilisées dans la clinique orthophonique et basées sur le geste et la mémoire kinesthésique pour soutenir l'apprentissage des correspondances graphophonologiques, ont également été décrites.

En outre, l'étude de la dyslexie a permis le développement de différentes théories explicatives qui sont en lien, plus ou moins directe avec les compétences temporelles (la théorie cérébelleuse impliquant des difficultés motrices et articulatoires (donc dans la programmation

temporelle des mouvements) ou encore la théorie du déficit de perception de l'ordre temporel). La dyslexie peut également être décrite comme un trouble des fonctions exécutives. Tout ceci laisse envisager des perspectives possibles pour une rééducation psychomotrice des troubles spécifiques de l'apprentissage du langage écrit, mais qui doit encore être élaborée et validée par des études empiriques.

Encore une fois au cours de l'encadrement, la place de la structuration temporelle a été mise en avant, et des perspectives de rééducation rythmique de la dyslexie ont émergé. L'hypothèse de bénéfices d'une intervention rythmique sur les troubles des enfants dyslexiques, notamment sur leurs compétences phonologiques et exécutives, sera également testée dans le cadre de ce travail (chapitre 7).

Chapitre 5 : Conclusions de l'approche théorique

Au fil de ces différents chapitres, notre encadrement théorique a mis en lien la psychomotricité et l'accès au langage écrit, tant chez les enfants tout venant, normolecteurs que chez les enfants dyslexiques. Ce lien a été établi sous deux angles :

- la relation entre les compétences temporelles, la lecture et ses compétences sous-jacentes (perception du langage oral, conscience phonologique)
- les relations communes qu'entretiennent les compétences temporelles et la lecture avec les habiletés cognitives et exécutives.

Dans les différents liens décrits entre les capacités temporelles et l'accès au langage écrit, nous avons commencé par mettre en évidence que le rythme fait partie intégrante des langues orales, qui peuvent d'ailleurs être classées en fonctions de leur rythme (Nazzi et al., 1998). De plus, le rythme a été décrit comme la caractéristique des langues orales suffisante pour distinguer deux langues de classes rythmiques différentes (Ramus, 1997). Finalement, Nazzi (2008) a mis en avant que le rythme des langues pourrait constituer l'information auditive nécessaire à la segmentation de la parole en mots.

En ce qui concerne plus directement le langage écrit, la notion de conscience et de respect du parcours d'ordre dans la composition des mots et dans le décodage ont été mis en évidence par Magnan (1993) et Bastien Toniazzo (1995). Quant à la mémoire de l'ordre sériel, Demont et al. (2010) ont décrit son importance lors du décodage. Les compétences rythmiques, sont souvent corrélées aux épreuves de conscience phonologique (Bolduc et al, 2014), expliquent une partie de la variance en lecture (Sterritt et Rudnick, 1966) et prédisent les compétences en lecture (David et al, 2007, Dellatollas et al, 2009 ; Gonzalez Trujillo, et al 2014). Finalement, plusieurs études semblent montrer que la pratique de la musique, qui inclut donc une pratique rythmique, influence positivement les compétences en lecture (Degé et Schwarzer, 2011).

Cette fois ci dans le cadre du trouble spécifique de l'apprentissage du langage écrit, l'hypothèse étiologique du déficit de perception de l'ordre temporel a fait écho au lien

possible entre la structuration temporelle et la lecture. De plus, des études ont pu mettre en évidence les difficultés dans le traitement de l'information ordinale chez les enfants dyslexiques (Plaza, 2001), ou encore, à l'instar des études développementales, des liens entre les compétences rythmiques et les compétences en lecture (Huss et al, 2011 ; Thomson et al, 2006). Des entrainements musicaux semblent apporter des bénéfices aux enfants dyslexiques (Flaugnacco et al. 2015).

D'après l'ensemble de ces éléments, il nous semble possible qu'une intervention en psychomotricité axée sur le développement de la structuration temporelle, soit de nature préventive (éducation psychomotrice auprès d'enfants tout-venant), soit de nature rééducative (rééducation psychomotrice d'enfants dyslexiques) puisse venir influencer positivement l'accès au langage écrit.

La question qui reste en suspens est de savoir quel serait l'effet exact de cette intervention. Il est possible de penser, au vu des différents liens mis en avant, que l'entrainement psychomoteur axé sur le développement des compétences temporelles ait un effet direct sur les performances en lecture, en stimulant notamment certaines compétences préalables. Il s'agirait des compétences en perception du langage oral, rendant alors plus facile la conscience phonologique, ou encore la prise de conscience des aspects ordinaux inhérents à l'activité de décodage.

Toutefois, l'activité de lecture, tout comme la perception de l'information temporelle ont des processus cognitifs communs, tels que la mémoire de travail et les processus exécutifs. En effet, dans l'étude de Dellatolas et al (2009), l'épreuve de rythme utilisée est corrélée avec toutes les épreuves de répétition (mots, chiffres, phrase, ..). Dans celle de Thomson et al (2006), la perception du rythme est également corrélée à l'empan de chiffres chez les enfants dyslexiques, ou encore, certains auteurs proposent que le déficit temporel, chez les enfants dyslexiques puisse être attribué à leur déficit d'attention (Tiffian-Richards et al., 2004; Gooch et al; 2011). De plus, un entrainement musical pourrait exercer des effets positifs sur l'attention et la mémoire de travail (Flaugnacco et al, 2015; Habib et al, 2013), ce qui pourrait également expliquer les effets positifs sur le niveau de lecture.

Ainsi, l'enjeu de ce travail de recherche est de comprendre si la psychomotricité pourrait être utilisée à des fins éducatives et pédagogiques pour développer les capacités d'apprentissage des enfants, et plus précisément en lecture. L'intérêt est de comprendre si et, si possible, comment, la psychomotricité interagit avec les processus cognitifs impliqués dans la lecture.

Si tel est le cas, une intervention psychomotrice spécifique pourrait aider les enfants à mieux intégrer la procédure de décodage des mots au début de l'apprentissage de la lecture et aider à la rééducation de la dyslexie.

De manière plus précise, il s'agira de comprendre si une intervention psychomotrice axée sur les compétences rythmiques a des effets positifs sur les compétences en lecture, chez des enfants à l'aube de l'apprentissage de la lecture (de 4 ans à 6 ans) et chez des enfants dyslexiques (entre 9 et 12 ans). Au vu des liens établis dans la littérature entre le rythme, les fonctions exécutives, la lecture et la dyslexie, plusieurs hypothèses peuvent être formulées :

- L'intervention psychomotrice basée sur le rythme facilite directement le développement des compétences liées au traitement du langage oral et en conscience phonologique des enfants, qu'ils soient apprentis lecteurs ou dyslexiques ;
- L'intervention psychomotrice basée sur le rythme facilite l'apprentissage de la lecture, mais de manière « indirecte ». L'intervention proposée interagit avec les fonctions exécutives et l'amélioration de ces dernières faciliterait l'apprentissage de la lecture par les enfants. Ici, l'intervention psychomotrice proposée aura un effet de « remédiation cognitive générale », influençant collatéralement le développement des compétences en lecture des enfants tout-venant, comme des dyslexiques.

L'intérêt de ce travail de recherche est pluriel :

- aider à mieux comprendre les mécanismes de l'apprentissage de la lecture, et les mécanismes sous-jacents aux difficultés spécifiques de son apprentissage ;
- tisser des liens entre la discipline psychomotrice et la pédagogie et pouvoir à long-terme développer de nouvelles pratiques d'enseignement, utilisables par les professionnels de l'Éducation Nationale pour faciliter les apprentissages ;
- montrer la pertinence de la psychomotricité dans la prise en charge d'enfants dyslexiques.

Afin de tenter de valider ou non les hypothèses formulées, deux dispositifs expérimentaux ont été élaborés et réalisés.

Chapitre 6 : Premier dispositif expérimental

Afin de comprendre si une intervention psychomotrice basée sur le développement des compétences temporelles peut faciliter l'apprentissage de la lecture chez les enfants, nous avons mis en place un protocole expérimental, de type longitudinal, ayant pour objectif de suivre l'évolution d'enfants tout-venant, de la moyenne section de maternelle (MSM) au cours préparatoire (CP). Lors de cette étude, nous avons proposé à une partie d'entre eux (les enfants constituant le groupe expérimental), des séances d'entrainement aux compétences temporelles et rythmiques.

1. Le protocole expérimental

Il s'agit ici d'une étude longitudinale de suivi d'enfants tout-venant sur une durée d'environ trois ans. Elle s'est étendue de novembre 2014 (début de MSM) à mai 2017 (fin CP). La figure 19 présente les grandes étapes du protocole.

Le protocole expérimental a débuté au premier trimestre de la MSM (novembre 2014), période pendant laquelle une évaluation pré-test a été réalisée. Les enfants ont alors été divisés en deux groupes. Le groupe expérimental réunit les enfants qui ont bénéficié d'une session d'entraînement psychomoteur de 12 semaines, axé sur le développement des compétences temporelles. L'autre groupe, appelé groupe contrôle, inclut les enfants non entraînés.

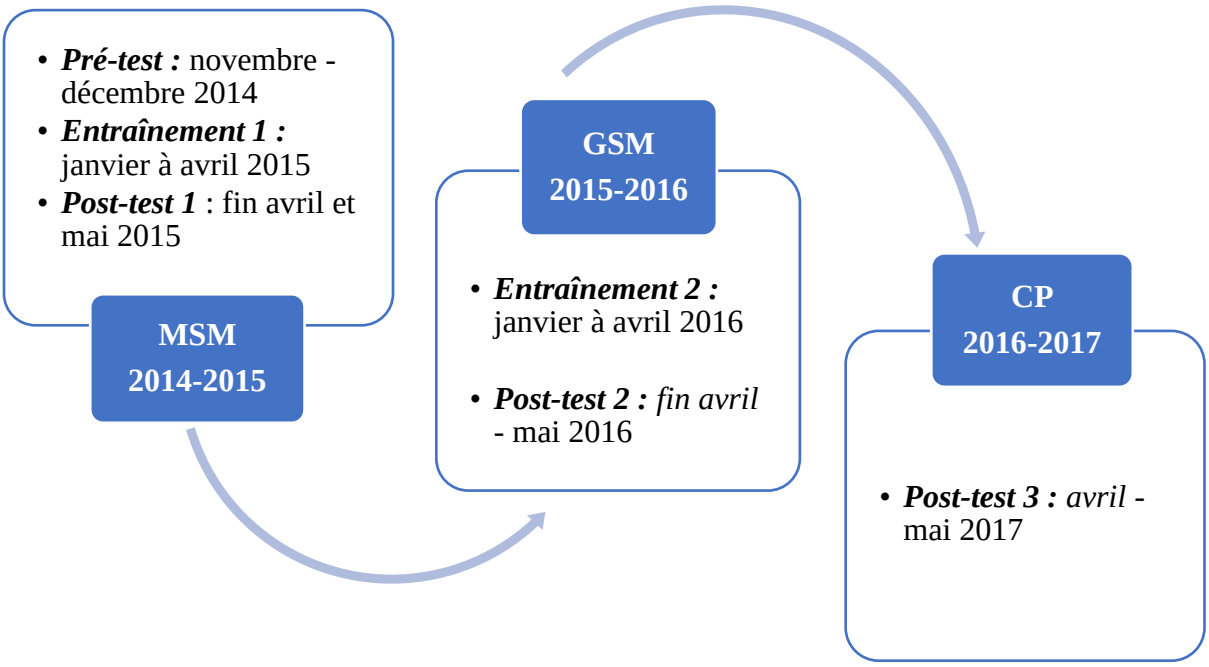


Figure 19 : Protocole expérimental proposé aux enfants tout-venant.

La fin d'année scolaire de MSM s'est terminée par un premier post-test de l'ensemble des enfants. L'année suivante, en grande section de maternelle (GSM), le groupe expérimental a reçu un second entraînement de 12 semaines qui a débuté dès janvier 2016 pour finir aux alentours de mi-avril. La fin d'année scolaire a donné lieu à un second post-test. Entre fin avril et mi-mai 2017, soit un an après, le protocole expérimental s'est clôturé par un troisième post-test alors que les enfants fréquentaient le CP.

Par le biais de ce dispositif expérimental, plusieurs traitements statistiques ont été effectués. Tout d'abord, à l'aide des données recueillies en MSM et GSM avec le groupe contrôle, nous avons étudié les relations existantes entre le rythme, la mémoire à court terme, l'inhibition et les compétences en lien avec l'accès au langage écrit (répétition de pseudo-mots, conscience phonologique, prélecture) en maternelle. Il s'agissait, dans un premier temps, de confirmer les liens entre le rythme, la conscience phonologique et la lecture, puis de chercher à comprendre la place des fonctions exécutives et de la mémoire à court terme dans ces relations.

Dans un second temps, nous avons voulu mettre en évidence la valeur prédictive du rythme sur les compétences en prélecture en maternelle et sur les performances en lecture en CP. Pour ce faire, nous avons également pris en compte les données recueillies lors du post-test 3.

Finalement, nous avons comparé l'évolution des deux groupes au fur et à mesure des entrainements proposés, afin de tester l'hypothèse selon laquelle un entrainement aux aptitudes temporelles peut développer les compétences en lien avec l'accès au langage écrit.

2. Recrutement de la population expérimentale

2.1. Démarches préalables

Dans l'optique d'initier le protocole expérimental à l'automne 2014 et assurer de ce fait la bonne organisation et la planification des évaluations et des interventions dans les écoles, le terrain expérimental s'est mis en place, en amont, dès le mois de mai de la même année.

Pour ce faire, une première prise de contact avec l'inspection de l'Éducation Nationale d'Eure-et-Loir (département 28) a eu lieu. Après avoir envoyé un courrier officiel de l'Université confirmant mon projet de recherche (voir annexe 1), il m'a été permis de me rapprocher des inspecteurs des différentes circonscriptions de Dreux.
Par l'intermédiaire de l'inspectrice de l'Éducation Nationale en poste sur la circonscription de « Dreux 1 » durant l'année scolaire 2013-2014, des directeurs d'écoles et des enseignants ont été sensibilisés au projet de recherche, et deux écoles se sont déclarées prêtes à m'accueillir en juin 2014. Pour consolider les effectifs des deux écoles volontaires pour le projet de recherche, une troisième école a été recrutée en septembre 2015, toujours avec l'aide de l'inspectrice de l'Éducation Nationale.
Pour chaque école, le projet de recherche a été présenté dans le cadre d'une rencontre, au minimum avec la direction de l'école, et lorsque cela fut possible, avec les enseignants des futures classes concernées.
En octobre 2014, les formulaires de consentement pour les parents (voir modèle en annexe 2) ont été distribués aux enseignants, et transmis aux familles par leur intermédiaire. Une fois remplies et restituées aux enseignants respectifs, les autorisations m'ont été retournées.

En juin 2016, par souci d'anticipation pour les évaluations du niveau CP lors de l'année scolaire 2016-2017, les directeurs des écoles élémentaires participant à la recherche ont été

rencontrés, afin de les informer du sujet de la recherche et du protocole expérimental.

2.2. Effectif de l'étude et constitution des groupes

Comme expliqué en amont, trois écoles maternelles se sont portées volontaires pour participer à cette étude expérimentale. À partir de l'ensemble des élèves inscrits dans ces écoles, notre étude aurait pu compter sur un total de 121 élèves maximum. Néanmoins, des refus de participations ont été recueillis et certains consentements n'ont jamais été rendus, limitant à 92 enfants l'effectif total pour les pré-tests.

Au fil des trois années du protocole longitudinal, une évaporation progressive des effectifs a été constatée. Nous avons repéré trois principales causes de la diminution des participants :

- un absentéisme fréquent empêchant ou la participation régulière aux entraînements (pour les enfants du groupe expérimental) ou la possibilité de rencontrer les élèves lors des différents post-tests (pour l'ensemble des enfants) ;
- des déménagements d'une année sur l'autre, voire en cours d'année,
- des demandes de dérogation entrainant un changement d'établissement scolaire.

Finalement, les résultats d'un élève n'ont pas été pris en compte car il s'agissait d'un primo arrivant en France. L'évaporation de l'effectif a engendré une perte totale de 31 élèves. Celle-ci est schématisée par la figure 20.

La démarche première de notre protocole était d'effectuer les pré-tests et de former alors les deux groupes, un groupe contrôle et un groupe expérimental. Néanmoins, l'une des trois écoles ayant accepté de prendre part à la recherche avait organisé pour l'année scolaire 2014 – 2015 une intervention musicale pour les niveaux de petite et moyenne section. Dans ce cadre, et ne pouvant accéder à une autre école maternelle à proximité, il a été décidé que les enfants de cette école constitueraient le groupe expérimental et que l'intervention musicale organisée au préalable par l'équipe pédagogique serait incluse dans l'entrainement psychomoteur après consultation des activités réalisées.

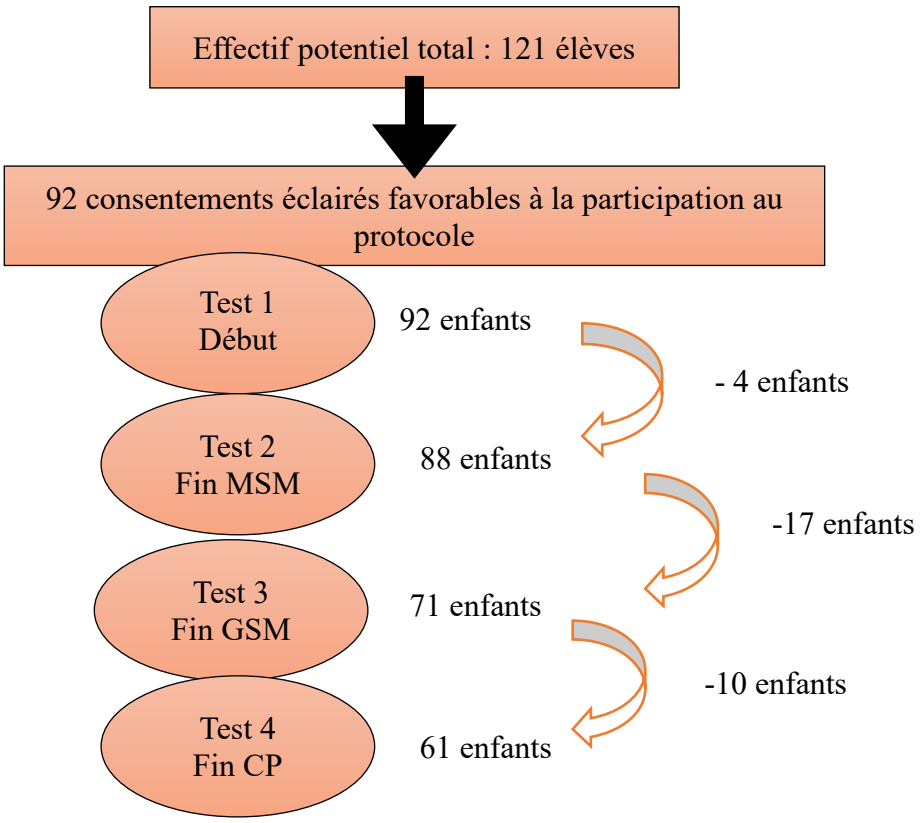


Figure 20 : Schéma de l'évaporation progressive de l'effectif du premier dispositif expérimental.

Le tableau 6 présente les effectifs des deux groupes en fonction des temps d'évaluation, le nombre d'écoles concernées en fonction des groupes et le nombre de classes concernées pour chaque école.

Tableau 6 : Effectifs des deux groupes aux différentes évaluations.

		Effectifs			
Groupes		**Pré-test**	**Post-test1**	**Post-test2**	**Post-test3**
Contrôle	École n°1	32	31	26	25
	Nombre de classes	*4*	*3*	*3*	*2*
	École n°2	*15*	*13*	*9*	*6*
	Nombre de classes	*1*	*1*	*2*	*3*
Expérimental	École n°3	45	44	36	30
	Nombre de classes	3	3	3	3
Total		**92**	**88**	**71**	**61**

Le traitement des résultats ne concernera que les enfants ayant participé à l'intégralité du protocole. À la fin du protocole longitudinal, l'effectif total était de 61 enfants, divisés en un groupe expérimental de 30 enfants et un groupe contrôle de 31 enfants.

Les deux principales écoles du protocole (écoles n°1 et n°3) étaient répertoriées en zone d'éducation prioritaire (REP+), accueillant des enfants de niveau social moyen voire faible. Ce n'est pas le cas de la troisième école, située en centre-ville et non en quartier. Néanmoins, les niveaux moyens des élèves fréquentant les écoles étaient considérés comme homogènes par l'inspectrice de circonscription, ce que nos premières évaluations ont confirmé. Il est également à noter qu'un certain nombre d'enfants sont issus de l'immigration, pouvant engendrer un bilinguisme dans le cercle familial. Sur les 61 enfants pris en compte dans l'étude, aucun ne présentait de troubles ou de pathologies particulières et ils possédaient tous une bonne connaissance de la langue de scolarisation (pas d'enfants nouvellement arrivés en France).

Tableau 7: Caractéristiques des deux groupes pour le premier protocole expérimental.

Groupe	**Expérimental**	**Contrôle**
Effectif total	N=30	N=31
Nombre de filles / garçons	15 filles – 15 garçons	18 filles – 13 garçons
Age moyen (écart-type)	55,1 mois (2,85)	54,8 mois (3,03)

Le tableau 7, ci-dessus, donne certaines caractéristiques des deux groupes. Le groupe expérimental est constitué de 30 enfants, dont 15 garçons, d'âge moyen de 55,1 mois lors du prétest. Ce groupe expérimental est associé à un groupe contrôle de 31 enfants, dont 13 garçons, d'âge moyen de 54,8 mois au pré-test.

3. Mesures effectuées

Pour l'ensemble des évaluations, ont été privilégiées dès que possible, des épreuves étalonnées. Le protocole d'évaluation, présenté ci-dessous est disponible en annexe 3, avec

des exemples des différents supports utilisés pour les épreuves.

3.1. Évaluation n°1 (pré-test)

L'évaluation pré-test est la première réalisée. Elle concerne donc les enfants au début de leur année de MSM Les mesures effectuées ont inclus les compétences de prélecture, les compétences en lien avec le développement du langage écrit, les compétences rythmiques, la mémoire à court terme phonologique et les fonctions exécutives. Les tests utilisés sont présentés en détail ci-dessous.

3.1.1. Évaluation des compétences en prélecture.

Il s'agit de l'épreuve de **reconnaissance de lettres et de mots** (5 items de chaque) issue de la batterie EDA (Billard et Touzin, 2012). Cette batterie ne présentant cette épreuve que pour le niveau scolaire de GSM nous avons choisi de modifier la planche de passation pour les enfants de MSM : les lettres et les mots ont été inscrits en majuscules, puisqu'il s'agit du type d'écriture étudié en classe de moyenne section. Dans cette épreuve, un point est accordé par lettre ou mot correctement identifié (10 points maximum). Le total des points permet d'obtenir le score de prélecture (variable **« Prel »**).

3.1.2. Évaluation des compétences phonologiques

Nous avons tout d'abord choisi l'épreuve « phonologie » de la batterie EDA (Billard et Touzin, 2012). Il s'agit d'une tâche **de répétition de pseudo-mots.** Cette épreuve mesure l'intégrité de la boucle audio-phonatoire et met en jeu la bonne perception de la parole et sa mise en mémoire immédiate. Les enfants sont invités à répéter du mieux qu'ils peuvent une série de pseudo-mots, constitués de 2 à 4 syllabes. Le nombre de syllabes correctement restituées constitue le score (variable « **RPM** », note maximale 20 points).

En plus de la répétition de pseudo-mots, deux épreuves de la batterie EVALO2_6 (Coquet, Roustit et Ferrand, 2009) ont été choisies pour évaluer la conscience phonologique.

La première est une épreuve de **sensibilité à une erreur phonologique,** l'examinateur dénomme une image, correctement ou avec une erreur (inversion de syllabe, substitution ou inversion de phonème). L'enfant doit juger si l'examinateur nomme correctement l'objet dessiné et corriger l'examinateur s'il estime qu'une erreur a été prononcée (par exemple, l'examinateur dit « patalon » pour l'image du pantalon). Le score global de cette épreuve (note maximale : 11 points) comprend le nombre de bons jugements, auquel on additionne le nombre de bonnes corrections **(**variable **« SP »)**.

Une épreuve d'**identification de rimes** a également été administrée. L'examinateur montre une planche où figurent une image cible, et cinq images items. Il dénomme l'ensemble des images cibles puis invite l'enfant à montrer les images items qui riment avec l'image cible. Pour cette épreuve, le nombre de rimes correctement identifiées (note maximale : 9 points) est noté (variable « **IR** »), tout comme le nombre d'erreurs (variable « **ER** », maximum 6 erreurs). À partir du nombre de rimes correctement identifiées et du nombre d'erreurs, nous calculons l'indice d'efficacité en identification de rimes, variable « **IER** » à partir de la formule (IR + [6 – ER]) / 15).

3.1.3. Évaluation des compétences rythmiques

Deux épreuves de rythme, issues de la batterie d'évaluation des fonctions neuropsychomotrices (NPMOT) de Vaivre-Douret (2006) ont été appliquées.

La première est l'épreuve de rythme auditivo-visuo-kinesthésique (variable « **RAVK** »). Il s'agit d'une épreuve de **production de séquences motrices** où l'enfant reproduit une suite de battements de mains et / ou de pieds. La seconde épreuve est celle de rythme auditivo-kinesthésique, consistant en une tâche de **synchronisation sensorimotrice de frappes de mains et de marche en suivant un métronome** (variable « **SM** »). Les compétences en synchronisation sont mesurées sur trois cadences différentes (60, 90, 120).

Pour la première épreuve, le nombre de séquences correctement exécutées constitue le score (note maximale 6 points). Pour la seconde, le temps des synchronisations réalisées par l'enfant est converti en nombre de points (note maximale ; 12 points).

3.1.4. Évaluation des compétences cognitives et exécutives

L'épreuve de **mémoire des chiffres** de la batterie NEEL (Chevrie-Muller & Plaza, 2001) a été administrée afin de mesurer la mémoire à court terme phonologique. Il s'agit d'une épreuve de répétition de chiffres à l'endroit. L'empan est la mesure prise en compte (variable « **MCT** » ; score maximum 5 points).

En outre, l'épreuve **d'inhibition** de la batterie EDA (Billard et Touzin, 2012) a été administrée. Il s'agit d'une épreuve de frappe de type 1-2, composée d'une épreuve contrôle (l'enfant frappe la même chose que l'examinateur, un coup ou deux coups), et d'une épreuve conflit (l'enfant doit frapper l'inverse de l'examinateur). Pour cette épreuve, le nombre de réponses correctes est noté pour chaque subtest (subtest contrôle, mesure « **ICt** » et subtest conflit, mesure « **ICf** » ; note maximale de 10 points par subtest). Nous avons également fait le choix de mesurer le temps de passation de chaque épreuve (respectivement mesures « **TICt** » et « **TICf** ») afin d'avoir la possibilité d'affiner l'analyse des résultats si besoin. À partir de l'ensemble des mesures relevées, nous procédons au calcul d'une note globale d'inhibition qui constituera la variable prise en compte lors du traitement. Il s'agit de la somme du nombre de bonnes réponses aux subtests de l'épreuve auquel on soustrait un certain nombre de point de pénalité en fonction de la durée des épreuves. Le calcul de la variable « **CI** » (score global pour l'épreuve de contrôle de l'inhibition) et notamment les barèmes de pénalité en fonction du temps, sont explicités en annexe.

Finalement, afin d'avoir une mesure relative du niveau de raisonnement des enfants, l'épreuve **de raisonnement visuo-spatial** de la batterie EDA (Billard et Touzin, 2012) a également été utilisée. Il s'agit d'une épreuve de complétion de formes (épreuve de type matrices). Une image lacunaire est présentée aux enfants, qui doivent choisir parmi 5 pièces celle qui complète correctement l'image cible. Le nombre de bonne réponse est noté (variable « **RVS** » ; note maximale : 15 points).

3.2. Post-test 1

Pour la seconde évaluation, menée en fin de MSM, et plus précisément quelques semaines après le premier entrainement, les épreuves utilisées lors du prétest ont été réutilisées pour cette évaluation.

Néanmoins, au vu des résultats aux épreuves de conscience phonologique, nous avons préféré compléter l'évaluation de cette compétence par une épreuve supplémentaire. En effet, il est apparu comme évident que l'épreuve de sensibilité à une erreur phonologique était trop simple pour être utilisé pour les évaluations postérieures (niveau GSM par exemple). Par opposition, la seconde épreuve (identification de rimes) s'est avérée quant à elle, assez difficile pour certains enfants au début de MSM. Les supports visuels utilisés lors de l'épreuve ne leur permettaient pas, du moins en début de MSM, de se focaliser sur la phonologie des mots. Les mots pouvaient par exemple, être appariés par similitude visuelle ou sémantique et non phonologique.

Nous avons alors proposé en complément l'épreuve des **processus phonologiques** de la NEPSY1, batterie d'évaluation neuropsychologique de l'enfant (Korkman, Kirk, & Kemp, 1997). Cette épreuve supplémentaire se présente sous la forme de trois sous épreuves :

- une épreuve de jugement phonologique : les enfants doivent choisir parmi trois images, celle où ils entendent le segment phonologique prononcé par l'évaluateur ;
- une épreuve de suppression phonologique (syllabique ou phonémique), où les enfants doivent répéter un mot en éliminant un segment cible ;
- Une épreuve de substitution phonologique, où les enfants répètent un mot en substituant un segment phonologique cible par un autre.

Il s'agit d'une épreuve continue, avec une règle d'arrêt au bout de 5 erreurs consécutives. Le nombre de bonnes réponses obtenues après l'arrêt de l'épreuve constitue le score brut, qui est alors transformé en note standard selon le manuel d'administration de la batterie (variable « **PP** »).

3.3. Post-test 2

Il s'agit de l'évaluation pratiquée avec les enfants, quelques semaines après le second entrainement.

Pour le niveau GSM, le protocole du post-test 2 ne diffère pas significativement du précédent. L'épreuve de reconnaissance de lettres est la même que l'année précédente. Cette fois-ci la planche de passation originale est utilisée, c'est-à-dire en écriture script minuscule.

L'épreuve de sensibilité à une erreur phonologique de l'EVALO 2_6 n'a pas été reconduite. Le reste du protocole est conservé.

3.4. Post-test n°3

Il s'agit de l'évaluation des compétences des enfants en fin de classe de CP. La troisième évaluation post-test a été allégée des épreuves de rythme, d'inhibition, de raisonnement, de répétition de pseudo-mots et de mémoire, pour se centrer sur les épreuves de lecture et de conscience phonologique. Ce choix a été motivé par la difficulté de pouvoir mobiliser les enfants de CP hors de leur salle de classe.

Ainsi, ont été administrées :

- L'épreuve **de conscience phonologique** de la NEPSY 1, variable « **PP4 ».**
- L'épreuve de **lecture de texte durant 1 minute** de la batterie OURA/LEC (Billard, Lequette, Pouget, Pourchet et Zorman, 2013). On note ici le nombre de mots lus (variable « **ML1M** »), auquel on soustrait le nombre d'erreurs pour obtenir le nombre de mots lus correctement en 1 minute (variable « **MLC1M** »). Le nombre d'erreurs total (variable « **ET** ») est divisé en deux types d'erreurs, d'un côté les erreurs relevant d'erreurs de décodage, comme par exemple une mauvaise application du code graphophonologique, ou encore des inversions phonémiques (variable « **E1** ») et de l'autre côté les autres formes d'erreurs, comme des erreurs de lecture par anticipation (variable « **E2** »).
- L'épreuve de **lecture de pseudo-mots** (Oura/Lec). Ici, le nombre de pseudo-mots correctement lus est pris en compte (mesure « **LPM** », maximum 6 points), et le temps de lecture est également pris en compte (mesure « **TLPM** »). Afin de limiter le nombre de variables, nous calculons à partir de LPM et TLPM l'efficacité en lecture de pseudo-mots (variable « **ELPM** ») soit le nombre de pseudo-mots lus par minute à partir de la formule ELPM=(LPM*60)/TLPM.

Ainsi, les protocoles d'évaluation mettent en jeu un nombre important de variables qui sont répertoriées dans le tableau 8 ci-dessous.

Tableau 8: Synthèse des mesures effectuées en fonction des différents temps d'évaluation.

Épreuves	**Mesures**	**Evaluation**			
		Pré-test	Post-test 1	Post-test 2	Post-test 3
Prélecture	Nombre de lettres et mots identifiés	Prel1	Prel2	Prel3	-
Phonologie	Nombre de syllabes de pseudo-mots correctement répétées	RPM1	RPM2	RPM3	-
Sensibilité à une erreur phonologique	Score total (jugement et correction corrects)	SP1	SP2		-
Identification de rimes	Score de rimes correctement identifiées	IR1	IR2	IR3	-
	Erreurs d'identification de rimes	ER1	ER2	ER3	-
	Indice d'efficacité en identification de rimes	IER1	IER2	IER3	-
Processus phonologique	Nombre de bonnes réponses converties en note standard	-	PP2	PP3	PP4
Rythme auditivo-visuo-kinesthésique	Nombre de séquences réussies	RAVK 1	RAVK2	RAVK3	-
Rythme auditivo-kinesthésique	Temps de synchronisation au métronome converti en points	SM1	SM2	SM3	-
Mémoire des chiffres	Empan	MCT1	MCT2	MCT3	-
Inhibition	Score global en contrôle de l'inhibition	CI1	CI2	CI3	-
Raisonnement visuo-spatial	Nombre de bonnes réponses	RVS1	RVS2	RVS3	-
Lecture de pseudo-mots	Efficacité en lecture de pseudo-mots	-	-	-	ELPM
Lecture d'un texte en 1 minute	Nombre de mots lus en 1 minute	-	-	-	ML1M
	Nombre d'erreurs liées au décodage	-	-	-	E1
	Autres erreurs	-	-	-	E2
	Erreurs total	-	-	-	ET
	Nombre de mots correctement lus en 1 minute	-	-	-	MLC1M

4. Les entraînements proposés

4.1. Entraînement 1 : Niveau MSM

L'intervention musicale organisée en MSM s'est déroulée sur 12 semaines, de janvier à début avril 2015. Les séances ont été pratiquées en groupe classe dans un préau aménagé, pendant 45 minutes environ, une fois par semaine.
L'intervention proposée pour le niveau MSM a eu comme objectif de procurer aux enfants un premier contact avec le rythme par le biais de la musique, du mouvement et des instruments de percussion. Il s'agit ici de premières expériences sonores et corporelles du rythme. Aucun matériel autre que les instruments de percussion, un petit synthétiseur et un poste audio n'ont été nécessaires. Pour faire référence aux concepts de l'éducation psychomotrice, les enfants ont été mis essentiellement dans une situation de « vécu corporel ».

Les activités proposées lors des séances peuvent être divisées en quatre types que nous allons maintenant décrire.

Activité 1 : « bouger au son de la musique ».

Il s'agissait d'une activité basique de synchronisation sensorimotrice qui a été déclinée en 3 sous-activités :

1. Bouger librement au son de la musique : ici la synchronisation à la musique n'était pas exigée, les enfants étaient invités à bouger/danser, comme ils le souhaitaient pendant l'écoute de la musique. Si spontanément la synchronisation est souhaitée, les enfants n'étaient pas stimulés dans ce sens. Après un temps d'expérimentation, l'activité évoluait vers une demande de synchronisation.
2. Bouger au son de la musique : après l'expérimentation, les enfants étaient invités à synchroniser leurs mouvements à la musique.

Les musiques utilisées étaient des musiques instrumentales, classiques ou des musiques du monde. Les musiques ont pu être utilisées plusieurs fois au cours de l'entraînement. Les mouvements au cours de la musique étaient au choix des enfants lors de la première phase de l'activité (non synchronisée), puis induits lorsque la synchronisation était demandée. Ces mouvements pouvaient être la marche, la course, des mouvements de balancement des bras,

ou encore des frappes dans les mains.
L'activité « bouger au son de la musique » s'est aussi déclinée sous une troisième forme, plus précisément celle d'un jeu d'inhibition, classique en psychomotricité. À l'écoute de la musique, les enfants étaient invités à se déplacer dans la salle et lorsque l'intervenant interrompait la musique, les enfants devaient rester immobiles, jusqu'à ce que la musique redémarre.

Ainsi, la tâche temporelle principale de cette activité est la synchronisation sensorimotrice, faisant appel aux mécanismes cognitifs de la perception du rythme (et par conséquent des durées et de l'ordre) incluant la mise en œuvre des fonctions attentionnelles, mnésiques (boucle phonologique) et exécutives (avec un regard particulier sur l'inhibition).

Activité 2 : apprentissage de comptines et de leurs chorégraphies

Plusieurs comptines ou chansons à gestes ont été apprises aux enfants durant l'entraînement. Il s'agissait, en termes de tâches temporelles, de développer l'organisation et la planification temporelles du mouvement (et la mémoire de l'ordre), en plus de travailler, à travers la musique, la perception du rythme. Par-delà des tâches temporelles, les comptines ont été choisies pour développer les connaissances corporelles (chanson « les pouces en avant ! », « tête, épaules, genoux et pieds »). Une même comptine était pratiquée lors de plusieurs séances afin de faciliter son apprentissage.

Activité 3 : « écoute musicale »

Des temps d'écoute musicale ont été proposés à chaque séance aux enfants. À travers ces temps, l'intervenant visait, soit un retour au calme pour clôturer la séance du jour, soit un travail d'ordre perceptif. Pour les retours au calme, des musiques de relaxation étaient proposées. Pour le travail d'ordre perceptif, il s'agissait de jeux de discrimination de contrastes, essentiellement grave/aigu, et rapide/lent. Pour ce faire, un synthétiseur a été utilisé. L'intervenant jouait une ou plusieurs notes, les enfants devaient distinguer le grave et l'aigu, et dans le cas où une suite de notes était jouée, donner la vitesse (lentement/rapidement).

En termes de tâches temporelles, il s'agit ici plutôt d'un travail autour de la perception du rythme d'un point de vue plus auditif mettant en jeu les compétences attentionnelles et mnésiques.

Activité 4 : « pratique rythmique »

La première étape de cette activité était de présenter des instruments de percussion aux enfants (claves, castagnettes, maracas, triangle, guiro, tambourin). Les enfants ont dans un premier temps eu la possibilité de les manipuler librement, puis de choisir un instrument pour exécuter des rythmes simples et réguliers, en synchronisation avec l'intervenant.

Toutes les activités présentées sont réalisées à chaque séance, durant 5 à 10 minutes maximum par activité, à l'exception de la manipulation des instruments de percussion qui ont été introduits à partir de la 6ème séance. Notons que cet entrainement a une composante musicale importante. En effet, la musique reste une médiation privilégiée pour travailler la structuration temporelle et le rythme en psychomotricité. De plus, la musique est ludique pour les plus jeunes enfants. Il était donc pertinent de l'utiliser comme médiation en MSM.

4.2. Entraînement 2 : Niveau GSM

Le programme d'intervention pour le niveau grande section de maternelle a été élaboré en fonction de l'intervention de l'année précédente. L'intervention s'est déroulée de janvier à avril 2016, soit 12 séances de 45 minutes environ en groupe classe, une fois par semaine. Cette fois-ci, les activités proposées étaient axées sur la perception du rythme et sa dimension symbolique.

Activité 1 : « chacun son tour »

Une activité de présentation était proposée à chaque séance. En début de séance, chaque enfant, chacun son tour en respectant l'ordre de la ronde, devait se lever et donner son

prénom. Au fur et à mesure des séances, dire son prénom pouvait être remplacé par l'exécution d'un geste défini au préalable (par exemple, lever la main).
Il s'agissait ici de mettre en pratique la notion d'ordre, tout en développant l'inhibition (attendre son tour). Cette activité a été réalisée au début de chaque séance.
Pour consolider ce travail, les autres activités pouvaient également être menées sous le mode « chacun son tour » (par exemple, répéter une structure rythmique chacun son tour).

Activité 2 : « bruit / silence »

Il s'agissait d'une activité de comparaison de durées. Plus précisément, les enfants étaient invités à faire du bruit puis un temps de silence ou encore un temps de marche puis un temps d'arrêt. À la fin de chaque séquence, ils devaient juger du temps le plus long. Compte-tenu du jeune âge des participants, les temps réalisés étaient, au début, très distincts (par exemple 30 secondes de bruit et 10 secondes de silence) puis de plus en plus proches (10 secondes de bruit et 5 secondes de silence).
Cette activité, liée à la perception des durées, a été réalisée durant les 6 premières séances, puis abandonnée au profit d'autres activités.

Activité 3 : « pratique rythmique »

Il s'agissait d'activités de reproduction de structures rythmiques et de reproduction de rythmes réguliers avec temps fort. Les structures rythmiques proposées étaient composées de 4 frappes maximum (voir figure 21). L'intervenant frappait une structure rythmique que les enfants devaient reproduire, tous ensemble ou chacun son tour (pour renforcer la notion d'ordre). Pour les rythmes réguliers avec temps fort, l'intervenant commençait à frapper le rythme en boucle, puis les enfants l'accompagnaient. Ces activités ont été pratiquées à toutes les séances.

Structures rythmiques :
XX / X X
X XX / XX X / XXX
XX XX / X XXX / XXX X / XXXX

Figure 21 : Structures rythmiques travaillées en GSM.

Activité 4 : symbolique des structures rythmiques

Il s'agissait ici d'apprendre aux enfants la notation symbolique des structures rythmiques, ou chaque frappe est symbolisée par un rond, et les intervalles inter-frappes (courts ou longs) symbolisés par la distance qui sépare les ronds.
L'apprentissage de la notation symbolique s'est fait explicitement dès la première séance, en prenant comme exemple les structures rythmiques utilisées lors de l'activité 3. Cet apprentissage a duré jusqu'à la 6ème séance.
Une fois l'apprentissage du symbolisme achevé, les enfants ont été amenés à :

1. Lire des structures rythmiques simples (jusqu'à 5 frappes) : l'intervenant présentait une structure rythmique aux enfants, et ils devaient la reproduire (chacun son tour). Cette activité est proposée à partir de la 6ème séance. Pour les enfants qui pouvaient être plus en difficulté, l'intervenant proposait un étayage en passant son doigt sur la structure et les enfants frappaient lorsque le doigt atteignait un rond (un rond = une frappe).
2. Identifier une structure rythmique : l'intervenant frappait une structure rythmique et les enfants devaient choisir parmi deux écritures symboliques celle qui correspondait à la structure rythmique frappée. Cette activité a été proposée à partir de la 7ème séance.

Activité 5 : « Décodage corporel ».

Un code arbitraire couleur-mouvement, constitué de quatre associations couleurs – mouvements, a été proposé aux enfants. Par la suite, ils devaient exécuter les chorégraphies correspondant aux suites de couleurs présentées visuellement. Cette activité a été proposée à chaque séance, les trois premières ont servi à la mise en place et à la mémorisation des associations.

Ces cinq activités ont constitué le second entraînement. Ont été ajoutés l'apprentissage de comptines et de leur chorégraphie associée, afin de pouvoir proposer aux élèves des activités plus ludiques.

En grande section de maternelle, les objectifs de l'entrainement étaient plus spécifiques aux caractéristiques temporelles et un travail autour de la dimension symbolique a été mis en place. Les concepts d'association arbitraire et de code symbolique ont été introduits dans le cadre de l'apprentissage de la notation symbolique des structures rythmiques (leur représentation visuelle) et dans l'activité de décodage corporel, où une couleur correspondait à un geste à réaliser.
Cette fois-ci, des supports visuels ont été utilisés pour la lecture et l'identification de structures rythmiques, tout comme pour l'activité de décodage corporel.

En somme, les enfants ont bénéficié d'un total de 18h d'entrainement, réparties uniformément en MSM et GSM (9h d'entraînement par année), répartie en 12 séances annuelles de 45 minutes.

4.3. Liens théoriques entre les activités proposées par l'entraînement et l'activité de lecture

Les entrainements proposés avaient pour principal objectif de développer les compétences en perception et/ou production motrice de rythmes. Si l'on admet que les compétences rythmiques sont en lien avec les compétences en traitement perceptif du langage oral, il est possible que l'entraînement des compétences temporelles fasse progresser les compétences en conscience phonologique et en répétition de pseudo-mots. En conséquence, les compétences en prélecture pourraient être améliorées et l'apprentissage formel de la lecture facilité.

En parallèle, les compétences temporelles mettant en jeu les fonctions exécutives, il semble possible que les entrainements proposés puissent développer la mémoire à court terme et l'inhibition. Ces habiletés cognitives étant en jeu lors de la lecture, elles peuvent également être en relation avec les compétences liées à l'accès au langage écrit. En ce sens, une amélioration de l'inhibition et de la mémoire pourrait être perçue lors du protocole et pourrait induire une amélioration de la conscience phonologique et du niveau de prélecture.

Les entraînements proposés ont également mis en avant la notion de représentation symbolique du rythme et du mouvement par la présentation de deux codes arbitraires (ceux des structures rythmiques et de l'association couleur/mouvement de l'activité de décodage corporel). Un lien peut être établi avec la notion de code symbolique et arbitraire entre les sons du langage oral et leur représentation visuelle.

La figure 22 met en lien les différentes activités proposées avec les tâches temporelles mises en jeu, les activités cognitives associées et les bénéfices attendus par l'entrainement.

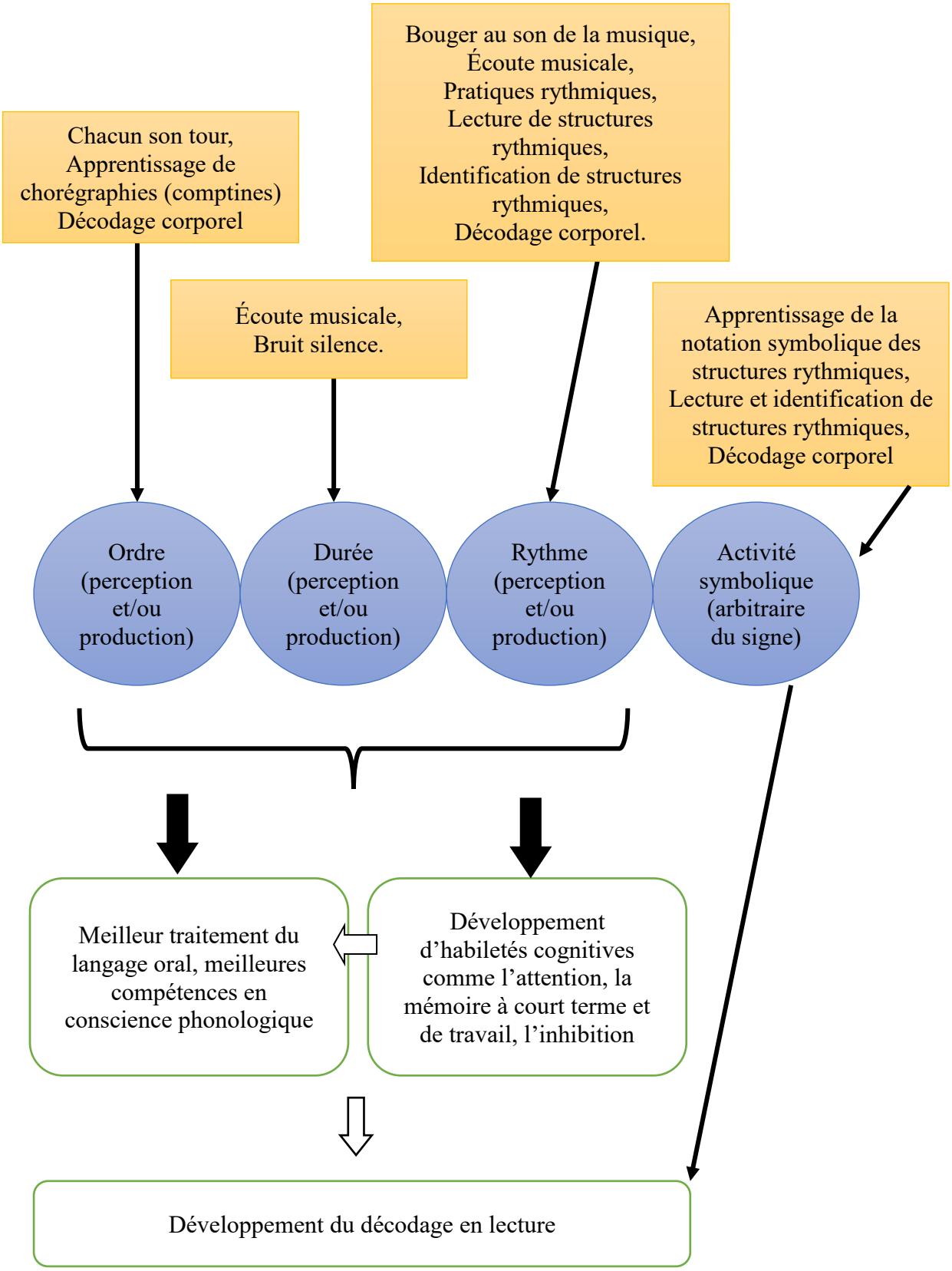


Figure 22 : Schéma de l'effet hypothétique des entraînements sur le décodage en lecture.

5. Résultats

L'ensemble des résultats bruts obtenus par les enfants, en fonction des groupes, sont mis à disposition en annexe 4 et les statistiques descriptives en annexe 5. Les tests de normalité associés à chaque variable sont retrouvés en annexe 6.
Les données recueillies ont été traitées avec le logiciel SPSS, version 21. Certaines illustrations ont été faites à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2016.

Le premier traitement statistique vise l'analyse des relations entre les différentes variables en maternelle prises en compte dans notre étude. Il s'agira plus précisément d'une étude de corrélation, à partir des résultats des enfants du groupe contrôle du début de la MSM à la fin de la GSM.

5.1. Étude n°1 : liens entre rythme, habiletés cognitives et compétences prérequises à la lecture en maternelle

Afin de tester l'hypothèse selon laquelle un entrainement psychomoteur axé sur le développement des compétences temporelles améliorerait les compétences prérequises à la lecture, il nous a semblé pertinent de proposer d'étudier les liens entre les différentes compétences évaluées aux différentes évaluations, soit en début et fin de MSM et en fin de GSM.
Pour ce faire, nous utilisons les résultats longitudinaux obtenus par les enfants constituant le groupe contrôle, c'est-à-dire le groupe n'ayant pas reçu d'intervention en psychomotricité.
Au test de normalité de Shapiro-Wilk, un grand nombre de variables ne répondaient pas à l'exigence de normalité. En ce sens, nous avons utilisé des tests non paramétriques pour ce traitement statistique (corrélations et corrélations partielles à partir du coefficient de corrélation de Spearman). L'intégralité des données des études corrélatives sont retrouvées en annexe 7.

5.1.1. Analyse corrélative des résultats obtenus en début de moyenne section de maternelle

5.1.1.1. Données descriptives

Les moyennes et écarts-types, pour chacune des variables prises en compte, sont présentés dans le tableau 9. Ont été associées, les valeurs moyennes des étalonnages, lorsque celles-ci étaient disponibles.

Tableau 9 : Moyennes et écart-types et données normatives pour l'évaluation pré-test.

	Groupe contrôle		***Valeurs étalonnées***	
	M	ET	M	ET
PreL1	**1,80**	*1,72*		
RPM1	**15,09**	*2,65*	**18,6**	*1,8*
SP1	**7,70**	*2,78*	**9,75**	*[7,55 - > 9,75]*
IR1	**2,93**	*2,76*	**5,91**	*[3,59 – 8,22]*
ER1	**2,64**	*2,51*	**1,19**	*[2,57 – 0]*
IER1	**0,41**	*0,14*		
RAVK1	**1,25**	*1,36*	**0,80**	*0,90*
SM1	**1,74**	*1,31*	**1,33**	*1,48*
MCT1	**3,22**	*0,66*	**3,54**	*2,18*
CI1	**11,74**	*3,65*		
RVS1	**8,16**	*3,76*	**6,4**	*4,5*

En ce qui concerne le niveau moyen des enfants lors des épreuves, le groupe contrôle présente un profil hétérogène avec certains résultats fragiles (en dessous des résultats moyens attendus pour l'âge chronologique) dans les épreuves de répétition de pseudo-mots et d'identification de rimes (nombre de rimes identifiées et nombre d'erreurs). Les autres résultats sont dans la moyenne des données normatives.

5.1.1.2. Analyse corrélative au début de moyenne section de maternelle

Le tableau 10, ci-dessous, montre les corrélations obtenues entre les différentes variables en début de MSM, en contrôlant l'âge chronologique (variable AC) et le score en raisonnement visuo-spatial (variable RVS1). En début de MSM, 7 corrélations significatives et une corrélation de nature tendancielle sont retrouvées.

Tableau 10 : Corrélations entre les compétences évaluées en début de MSM (: p<0,05 ; ** : p<0,01 ; a: p=0,096).*

	RPM1	**ER1**	**IER1**	**RAVK1**	**MCT1**	**CI1**
Prel1	***0,511*****	*ns*	***0,457****	*ns*	*ns*	***0,444****
SP1		*ns*	*ns*	*ns*	*0,315a*	*ns*
IR1		***0,722*****	***0,439****	*ns*	*ns*	*ns*
IER1			*ns*	***-0,374****	*ns*	*ns*
RAVK1						***0,371****

Les résultats aux épreuves de reconnaissance de lettres et de mots (variable Prel1) et de répétitions de pseudo-mots (variable RPM1) sont positivement corrélés entre eux (0,511 ; p< 0,01). La variable Prel1 est également corrélée positivement à l'indice d'efficacité en identification de rimes, plus précisément le score IER1 (0,457 ; p< 0,05). Ainsi plus de lettres et de mots sont reconnus, plus de syllabes sont correctement répétées, et plus l'indice d'efficacité en identification de rimes est élevé. Ces résultats indiquent les liens existants, dès le début de MSM, entre le langage oral et le langage écrit. De plus, les différentes variables liées à l'épreuve d'identification de rimes sont corrélées entre elles.

En ce qui concerne les épreuves de rythme, nous observons qu'il n'existe pas en début de MSM de liens corrélatifs entre les compétences temporelles et les compétences prérequises à la lecture (reconnaissance de lettres et de mots, conscience phonologique, répétition de pseudo-mots), à l'exception d'une corrélation négative et significative entre les résultats obtenus à l'épreuve de rythme auditivo-visuo-kinesthésique (variable RAVK1) et l'indice d'efficacité en identification de rimes (-0,374 ; p<0,05). Ainsi, il apparaît que plus le nombre

de séquences gestuelles correctement reproduites est important, plus l'indice d'efficacité en identification de rimes est faible.

Le score en contrôle de l'inhibition (variable CI1) est positivement corrélé au score en prélecture (0,444 ; p< 0,05), montrant que plus l'épreuve d'inhibition est réussie, plus le nombre de lettres et de mots reconnus est important. En outre, la variable CI1 est également positivement corrélé à une des épreuves de rythme, plus précisément la variable RAVK1 (0,371 ; p<0,05), établissant une relation entre les compétences temporelles et les fonctions exécutives.

Notre attention se porte également sur une corrélation de nature tendancielle qui tend à lier positivement les résultats en mémoire à court terme (variable MCT1) et le score en sensibilité à une erreur phonologique (0,315, p=0,096).

En synthèse, les relations existantes entre les différentes compétences en conscience phonologique, répétition de pseudo-mots, rythme, inhibition, mémoire à court terme et prélecture peuvent être schématisées comme suit (figure 23).

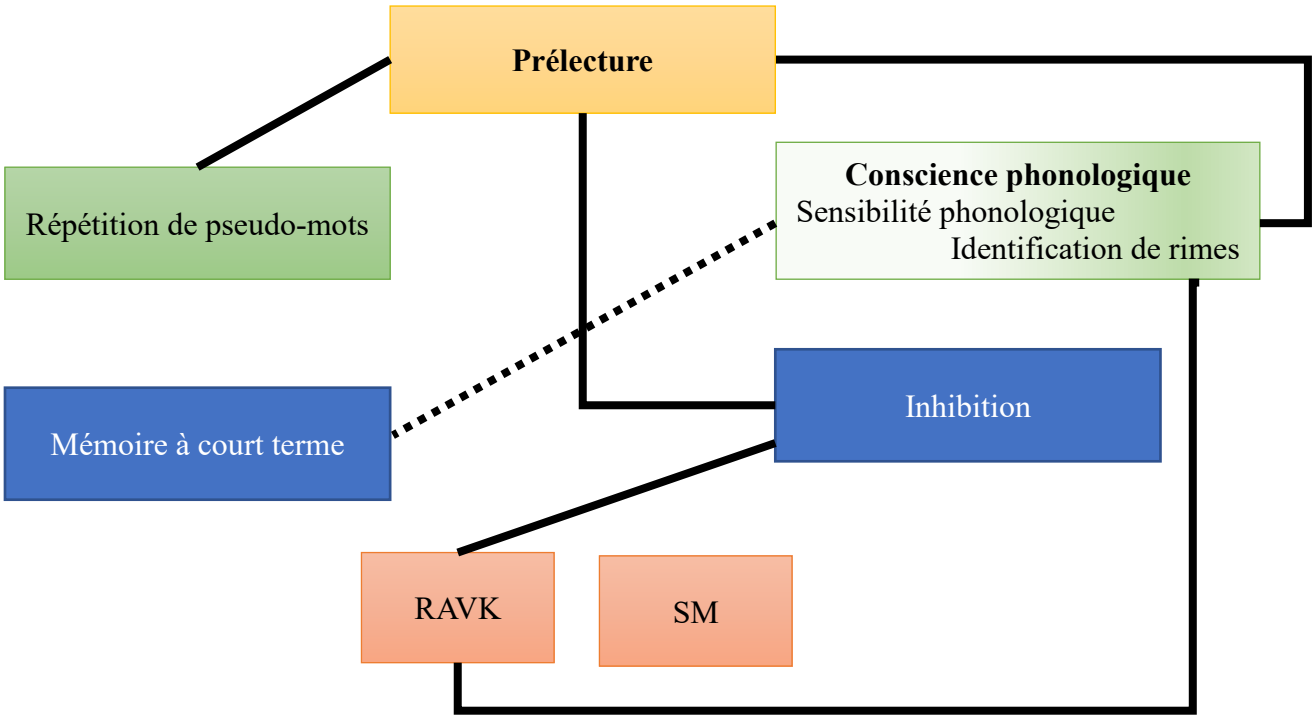


Figure 23 : Corrélations obtenues en début de MSM (significatives en traits plein, tendancielle en pointillés).

5.1.2. Analyse corrélative des résultats obtenus en fin de moyenne section de maternelle

5.1.2.1. Données descriptives

Les moyennes et écarts-types, pour chacune des variables prises en compte, sont présentés dans le tableau 11. Ont été associées les valeurs moyennes des étalonnages, lorsque celles-ci étaient disponibles.

Tableau 11 : Moyennes et écart-types obtenus pour chaque variable par les enfants du groupe contrôle et données des étalonnages.

	Groupe contrôle		***Valeurs étalonnées***	
	M	ET	M	ET
PreL2	**3,03**	*2,10*		
RPM2	**17,29**	*1,50*	**18,7**	*1,7*
SP2	**9,93**	*1,78*	**10,21**	*[8,34 - >10,21]*
IR2	**3,38**	*1,94*	**6,66**	*[4,37 – 8,94]*
ER2	**1,61**	*1,56*	**0,87**	*[2,27 – 0]*
IER2	**0,51**	*0,10*		
PP2	**8,32**	*1,92*	**10**	*2*
RAVK2	**2,74**	*1,56*	**3,99**	*1,95*
SM2	**3,09**	*1,57*	**5,06**	*3,21*
MCT2	**3,35**	*0,60*	**4,55**	*2,01*
CI2	**13,45**	*3,62*		
RVS2	**10,93**	*4,38*	**8**	*4,2*

En fin de MSM, nous constatons que les enfants ont, d'une manière générale, progressé quant à leurs compétences, présentant des moyennes supérieures à celles obtenues en début de MSM. Nous remarquons que les scores obtenus pour les variable MCT2 (empan de la mémoire à court terme) et IR (nombre de rimes correctement identifiées) sont ceux qui ont le moins progressé. Pour les épreuves où des données normatives sont fournies, nous remarquons que les résultats moyens obtenus par les enfants se situent dans la zone moyenne, à l'exception du score en identification de rimes (déjà en dessous de la zone moyenne en début de MSM).

5.1.2.2. Analyse corrélative en fin de moyenne section de maternelle

L'analyse corrélative, sous condition de contrôle de l'âge chronologique et du raisonnement, met en évidence 6 corrélations significatives et 2 corrélations tendancielles, référencées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Corrélations obtenues en fin de moyenne section de maternelle (: p<0,05 ; ** : p<0,01 ; a: p=0,074 ; b : p=0,067 ; c : p=0,083).*

	ER2	**IER2**	**PP2**	**RAVK2**	**SM2**	**CI2**
Prel2	*ns*	*ns*	*0,336a*	*ns*	*ns*	*0,344b*
RPM2	*ns*	***ns***	*ns*	*ns*	*ns*	***0,528****
SP2	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	***0,417****	*ns*
IR2	***0,647****	***0,587****	*ns*	***0,409****	***-0,438****	*ns*
IER2		*ns*	*ns*	*ns*	*-0,327c*	*ns*

Nous remarquons dans un premier temps que cette fois-ci, des corrélations entre les épreuves de rythme et la conscience phonologique sont établies. Ainsi, les variables RAVK2 et IR2 sont par exemple liées significativement et positivement (0,409 ; p<0,05), montrant que plus le nombre de séquences motrices rythmiques correctement réalisées est important, plus l'épreuve d'identification de rimes est, elle aussi, réussie. Notons également que plus le temps de synchronisation motrice est important (variable SM2), meilleur est le score global à l'épreuve de sensibilité à une erreur phonologique (variable SP2). Le coefficient de corrélation entre ces deux variables est de 0,417 (p<0,05). Toutefois, il apparait une corrélation significative, mais négative, entre les variable SM2 et IR2, qu'il est difficile d'interpréter, tout comme une corrélation tendancielle entre SM2 et IER2.

L'indice d'inhibition est également positivement corrélé aux résultats de l'épreuve de répétition de pseudo-mots (0,528 ; p<0,01), montrant que plus l'épreuve d'inhibition est réussie par les enfants, plus les syllabes des pseudo-mots sont correctement répétées. Finalement, en fin de MSM, l'inhibition n'est corrélée que tendanciellement à l'épreuve de prélecture (0,344 ; p=0,067).

Le lien entre les compétences en prélecture et la répétition de pseudo-mots n'apparait plus en fin de MSM, mais une corrélation tendancielle existe entre une épreuve de conscience phonologique (variable PP2) et la variable Prel2 (0,336 ; p=0,074). Les différentes mesures en identification de rimes sont toujours corrélées entres elles. Cette fois-ci, l'empan de la mémoire à court terme n'est en lien avec aucune des variables, et nous ne trouvons plus de corrélation entre le rythme et l'inhibition.

La figure 25 rend compte des relations entre les différentes variables étudiées en fin de MSM.

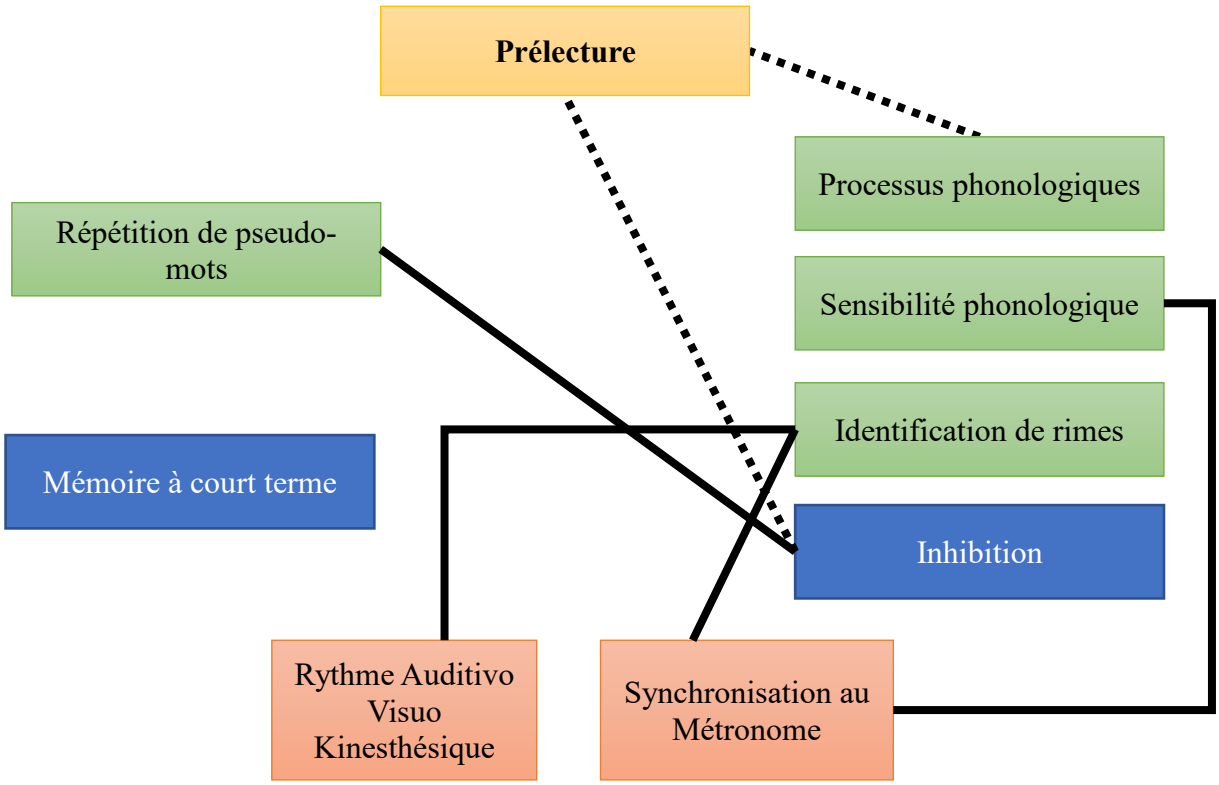


Figure 24 : Corrélations obtenues en fin de MSM (traits : significatives ; pointillés: tendancielles).

5.1.3. Analyse corrélative des résultats obtenus en fin de grande section de maternelle

5.1.3.1. Données descriptives

Les moyennes et écarts-types, pour chacune des variables étudiées, sont présentés dans le tableau 13. Ont été associées les valeurs moyennes des étalonnages, lorsque celles-ci étaient disponibles.

Tableau 13 : Moyennes et écart-types obtenus par les enfants du groupe contrôle, et données étalonnées.

	Groupe contrôle		***Valeurs étalonnées***	
	M	ET	M	ET
PreL3	**3,32**	*2,41*		
RPM3	**17,83**	*1,00*	**19,6**	*0,6*
IR3	**4,41**	*1,92*	**7,74**	*[5,64 – 9]*
ER3	**1,29**	*1,03*	**0,42**	*[1,29 – 0]*
IER3	**0,60**	*0,13*		
PP3	**8,93**	*2,20*	**10**	*2*
RAVK3	**2,87**	*1,56*	**4,57**	*1,58*
SM3	**4,64**	*1,64*	**6,99**	*3,63*
MCT3	**3,87**	*0,56*	**5,85**	*1,91*
CI3	**16,38**	*2,91*	**9,7**	*0,7*
RVS3	**13,74**	*3,88*	**14,8**	*5,4*

D'une manière générale, un an après la dernière évaluation effectuée, l'évolution des résultats moyens est nuancée. Pour les épreuves de rythme auditivo-visuo-kinesthésique (RAVK3), Répétition de pseudo-mots (RPM3), processus phonologiques (PP) et mémoire à court terme (MCT3) les résultats restent stables par rapport à l'évaluation en fin de MSM. Nous remarquons que pour ces variables (RPM3, IR3, RAVK3 et MCT3) les résultats des enfants sont en dessous des zones moyennes normatives, dans la zone de fragilité (résultats inférieurs à -1 écart type) pour les trois dernières, et pathologique (résultats inférieurs à -2 écarts-types) pour la première.

5.1.3.2. Analyse corrélative en fin de grande section de maternelle

L'analyse corrélative, en contrôlant le niveau de raisonnement et l'âge chronologique met en avant 14 corrélations statistiquement significatives et 6 corrélations tendancielles (voir tableau 14).

Les résultats à l'épreuve de rythme auditivo-visuo-kinesthésique (variable RAVK3) est positivement et significativement corrélée au score Prel3 (0,436 ; $p<0,05$). Ainsi, plus le nombre de séquences motrices correctement reproduits est élevé, plus le nombre de lettres et de mots reconnus est important. De plus, la variable RAVK3 est tendanciellement corrélée à l'indice d'efficacité en identification de rimes (0,338 ; $p=0,073$) et à l'épreuve des processus

phonologiques (0,354 ;p=0,060). Cela conforte les liens précédemment établis entre cette épreuve de rythme et la conscience phonologique.

De plus, le nombre de rimes correctement identifiées, et l'indice d'efficacité en identification de rimes évoluent parallèlement au temps de synchronisation au métronome. Les résultats à l'épreuve de synchronisation sensorimotrice (SM3) corrèlent, en effet, positivement avec les score IR3 (0,463 ; P<0,05) et IER3 (0,457, p<0,05). Ainsi, plus le temps de synchronisation est long, plus le nombre de rimes correctement identifiées est important, et l'indice d'efficacité en identification de rimes augmente.

En plus de corréler avec la variable RAVK3, les résultats à l'épreuve de prélecture (variable Prel3) sont en lien, positivement et significativement, avec la répétition de pseudo-mots, variable RPM3 (0,371 ; p<0,05) et la conscience phonologique, respectivement les variables IR3 (0,427 ; p<0,05), IER3 (0,487 ; p<0,01) et PP3(0,464 ; p<0,05).

Finalement, l'épreuve de répétition de pseudo-mots corrèle positivement avec le score de l'épreuve de contrôle de l'inhibition, marquant une nouvelle fois le lien entre les deux compétences (0,520 ; p<0,01). Le score CI3 corrèle tendanciellement avec le score en prélecture (0,351 ; p=0,062), le score PP3, soit l'épreuve des processus phonologiques (0,320 ; p=0,090) et l'épreuve de rythme auditivo-visuo-kinesthésique (0,346 ; p=0,66).

Tableau 14 : Corrélations obtenues en fin de GSM (a: p=0,062 ;b : p=0,074 ; c : p=0,073 ; d: p=0,060 ; e : p=0,090 ; f).

	RPM3	**IR3**	**IER3**	**PP3**	**RAVK3**	**SM3**	**CI3**
Prel3	**0,371***	**0,427***	**0,487****	**0,464***	**0,436***	*ns*	*0,351a*
RPM3		0,336b	**0,380***	**0,473***	*ns*	*ns*	**0,520***
IR3			**0,847****	**0,433***	*ns*	**0,463***	*ns*
ER3			**-0,379***	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*
IER3				**0,456***	0,338c	**0,457***	*ns*
PP3					0,354d	*ns*	*0,320e*
RAVK3							*0,346f*

Les relations entre les différentes compétences en fin de grande section sont illustrées par la figure 25.

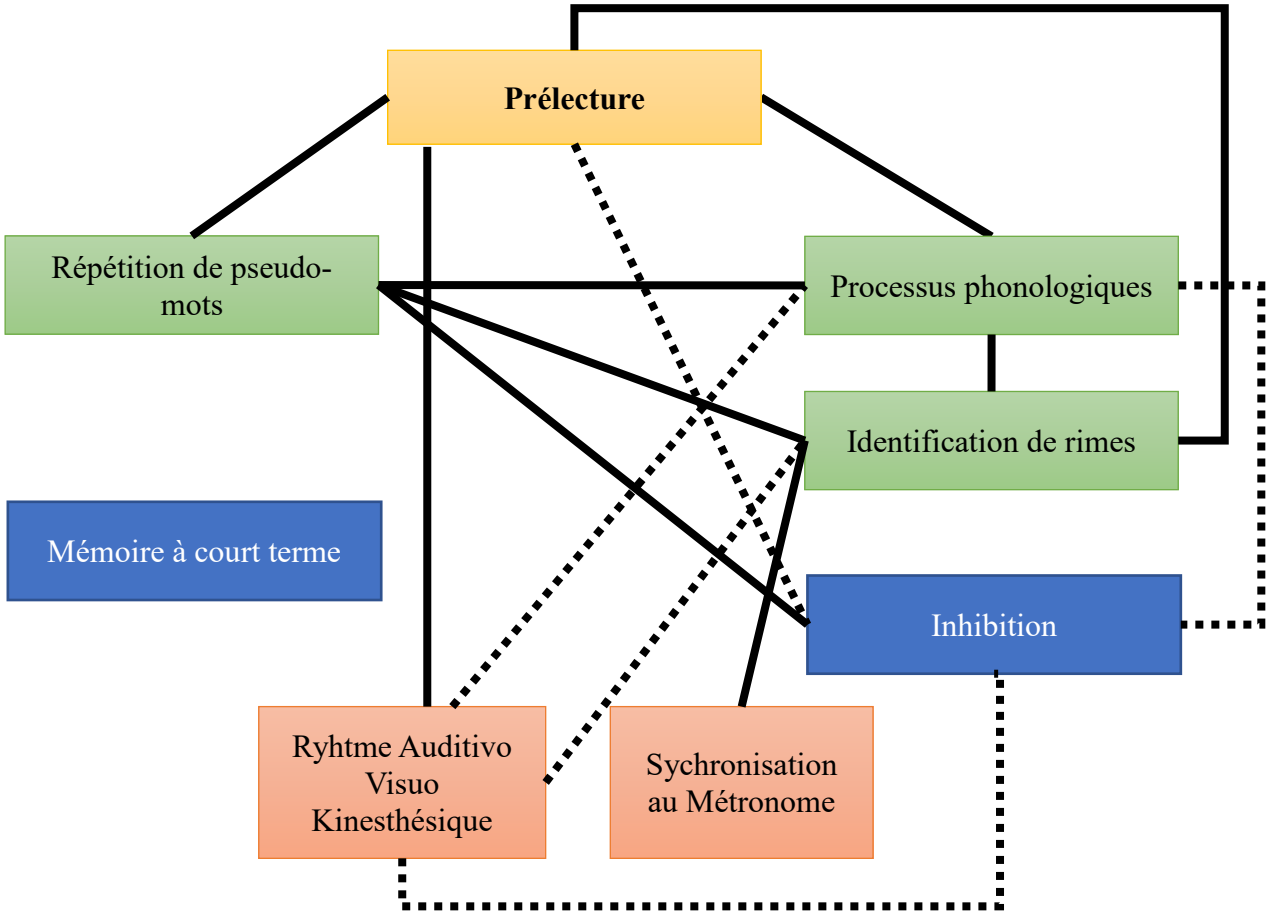


Figure 25 : Relations entre les différentes compétences en fin de GSM (trait plein : corrélations significatives ; pointillés : corrélations tendancielles).

5.1.4. Discussion intermédiaire des résultats

Notre analyse corrélative a permis de mettre en évidence l'évolution des relations entre le rythme, l'inhibition et les compétences en lien avec l'accès au langage écrit.

Les relations entre le rythme et la conscience phonologique ont été établis de manière progressive. En ce qui concerne la variable RAVK, soit l'épreuve de reproduction de séquences motrices, elle est tout d'abord négativement en lien avec l'indice d'efficacité en identification de rimes. Cette relation négative ne va pas dans le sens de notre hypothèse

puisque cette corrélation indique que plus le nombre de séquences motrices correctement reproduites augmente, plus l'indice d'efficacité en identification de rimes diminue. Il nous paraît difficile d'interpréter ce résultat. Toutefois, ces corrélations qui ne vont pas dans le sens voulu, pourrait être expliquées par les résultats faibles dans l'épreuve de conscience phonologique concernée, montrant que les enfants ont encore du mal à développer cette compétence. Les données sont différentes à partir de la fin de MSM, où la corrélation entre cette épreuve de rythme (variable RAVK2) est positive et significative avec le nombre de rimes correctement identifiées (variable IR2). Ce n'est donc qu'à partir de la fin de la MSM que nous validons notre hypothèse selon laquelle le rythme et la conscience phonologique sont positivement liés. En GSM, la mesure RAVK3 corrèle tendanciellement avec l'indice d'efficacité en identification de rimes, mais également avec l'épreuve des processus phonologiques (variable PP3), marquant une nouvelle fois l'existence de liens entre et cette épreuve de rythme, même s'il est vrai que ces corrélations ne sont que de nature tendancielle.

Les résultats sont relativement analogues pour la seconde épreuve de rythme, soit la variable SM. En début de MSM, aucune corrélation n'est trouvée. À partir de la fin de MSM, les résultats à l'épreuve de synchronisation motrice sont positivement corrélés à la variable SP2, c'est-à-dire les scores en sensibilité à une erreur phonologique. Toutefois, à l'instar de la relation entre RAVK1 et IER1 au début de la MSM, les variables SM2 et IR2 corrèlent négativement en fin de MSM, pour finalement être liées positivement en fin de GSM.

Nous avons établi l'existence de liens entre les compétences temporelles et la conscience phonologique.

Néanmoins, nous prédisions des corrélations entre le rythme et les compétences en répétition de pseudo-mots. Ce n'est pas le cas, et à aucun des moments d'évaluation. Ce fait, en revanche, va à l'encontre de nos hypothèses et des résultats obtenus par Dellatolas et al. (2009). En effet, nous avons évoqué que le rythme est une caractéristique interne au langage oral et qu'il permettait de faciliter son analyse acoustique. En ce sens, des liens entre le rythme et les activités de répétition de pseudo-mots auraient pu être trouvés. Ce n'est pas le cas. Il est possible d'expliquer ce fait par la nature des tâches temporelles mises en jeu lors des épreuves utilisées : elles sont plutôt de nature motrice et moins de nature auditive. Plus précisément, l'épreuve de répétition de séquences motrices met en jeu la perception et la mémoire visuelle et kinesthésique. L'épreuve de synchronisation au métronome met en jeu la perception auditive du tempo, mais ce sont les réalisations motrices (la synchronisation) qui

fait l'objet du score. Dellatollas et al (2009) avaient mis en évidence des liens entre l'épreuve de reproduction de structures rythmiques de Stambak et l'ensemble des épreuves de répétitions orales. Néanmoins, l'épreuve de rythme utilisée dans cette étude était de nature plus auditive.

L'évolution des liens entre le rythme et les compétences sous-jacentes à l'apprentissage de la lecture culmine en GSM par une corrélation positive entre les variables RAVK3 et le score Prel3, confortant notre hypothèse de lien entre le rythme et la lecture. Néanmoins, nous avons également mis en évidence que les compétences en prélecture sont précocement liées à la conscience phonologique (corrélation significative entre Prel1 et IER1, tendancielle entre Prel2 et PP2, et significatives entre Prel3 et IR3, IER3 et PP3). En ce sens, nos résultats sont concordants avec notre approche théorique qui met en avant que les connaissances de l'alphabet interagissent avec le développement de la conscience phonologique comme l'ont montré Carroll et al. (2003) ou encore Hillarait de Boisferon et al. (2010).

Ces différentes relations nous laissent également penser qu'il serait probable que la relation entre le rythme et les compétences en reconnaissance de lettres et de mots soit médiatisée en partie par les compétences en conscience phonologique. Nous notons également que l'épreuve de synchronisation motrice ne corrèle pas avec la reconnaissance de lettres et de mots.

Comme pour l'existence de liens entre le rythme, la conscience phonologique et l'épreuve de prélecture, l'importance des fonctions cognitives et exécutives pour l'accès au langage écrit a également été mise en évidence. En effet, précocement, le score en contrôle de l'inhibition est positivement corrélé au score en prélecture (variable CI1 et Prel1). Cette relation perdure dans le temps (évaluations en fin de MSM et GSM) mais les corrélations ne sont plus que tendancielles. Reconnaître une lettre et un mot en début de maternelle serait possible du fait d'un processus de reconnaissance visuelle. L'inhibition des représentations visuelles voisines serait alors indispensable. Nous faisons ici l'analogie avec le modèle connexionniste de reconnaissance de mots à deux voies en cascade de Coltheart (2005) où l'inhibition joue un rôle important dans la bonne sélection des représentations visuelles, phonologiques et orthographiques. Ensuite, au fur et à mesure de l'apprentissage de l'alphabet en maternelle (nom des lettres, puis sons des lettres) et donc de l'intégration et de l'automatisation des

correspondances entre les graphèmes et les phonèmes, le poids de l'inhibition pour la reconnaissance du mot écrit pourrait diminuer.

En outre, les variables CI2 et CI3 sont positivement corrélées respectivement aux variables RPM2 et RPM3. L'inhibition et la répétition de pseudo-mots sont donc des compétences évoluant en parallèle : un meilleur contrôle de l'inhibition est associé à plus de syllabes correctement répétées. Finalement, nous retrouvons en fin de GSM une corrélation tendancielle entre l'inhibition et une épreuve de conscience phonologique, ce qui tend encore une fois à montrer l'importance des fonctions exécutives dans l'apprentissage de la lecture.

L'inhibition est donc en lien avec les compétences sous-jacentes à la lecture, mais également en lien avec les compétences rythmiques. Ce fait est marqué par une corrélation significative entre les variables RAVK1 et CI1, et tendancielle entre RAVK3 et CI3. Ces relations vont dans le sens des théories de l'horloge interne (Church, 1984 ; Zackay, 2005) qui expliquent le rôle des fonctions exécutives dans les tâches de nature temporelle. Toutefois, il n'existe pas de lien entre les épreuves de rythme et la mémoire à court terme, ce qui, en revanche, ne va pas dans le sens de nos hypothèses. Nous pouvons avancer deux explications possibles. La première a déjà été évoquée à savoir que les tâches rythmiques sont de nature motrice, alors que nous avons évalué la mémoire à court-terme phonologique en lien avec l'apprentissage de la lecture. La seconde concerne le fait que les résultats auraient pu être différents si nous avions évalué la mémoire de travail et non la mémoire à court terme. Compte-tenu du jeune âge des enfants et du manque d'outils disponibles pour évaluer la mémoire de travail à partir de 4 ans, il nous a semblé difficile de prendre en compte cette dernière. En effet, à titre d'exemple, Catale, Closset, et Majerus (2007), ne répertorient que deux épreuves étalonnées pour l'évaluation de la mémoire de travail phonologique. Il s'agit de l'épreuve de répétition de chiffres envers du WISC, administrable à partir de 6 ans, et une épreuve qui mesurerait l'empan d'écoute, administrable à partir de 5 ans, développée en anglais. Il aurait peut-être été envisageable d'élaborer une épreuve adaptée aux enfants de 4 ans, mais les contraintes temporelles du projet ne nous permettaient pas de créer et de tester avant le pré-test une nouvelle épreuve. La mémoire à court-terme n'a jamais été reliée significativement aux variables prises en compte dans notre étude à l'exception d'une corrélation tendancielle avec une épreuve de conscience phonologique en début de MSM.

Nous allons maintenant étudier les interactions entre le rythme, la conscience phonologique et les compétences en conscience phonologique en contrôlant les compétences en inhibition afin de comprendre si les fonctions exécutives expliquent les liens retrouvés. De la même manière, l'existence d'un éventuel lien entre le rythme et la prélecture sera testé en contrôlant la conscience phonologique.

5.1.5. Analyses corrélatives partielles

5.1.5.1. En fin de MSM

Le tableau 15 présente les corrélations obtenues entre les épreuves de rythme et la conscience phonologique, avant et après contrôle de l'inhibition.

Tableau 15 : corrélations rythme - conscience phonologique en fin de MSM avant et après le contrôle de l'inhibition.

Corrélations existantes	**Variable inhibition**	
	Avant contrôle	Après contrôle
RAVK2 – IR2	0,409 p = 0,028	0,407 p = 0,032
SM2 – SP2	0,417 p = 0,025	0,414 p = 0,029
SM2 – IR2	-0,438 p = 0,017	-0,459 p = 0,014

Les corrélations existantes restent significatives après le contrôle de l'inhibition (variable CI2). Ce résultat indique qu'en fin de MSM, le lien entre les compétences rythmiques et la conscience phonologique n'est pas médiatisé par les compétences en inhibition. Il existerait donc une relation plus directe entre les compétences rythmiques et la conscience phonologique.

5.1.5.2. En fin de GSM

Le tableau 16 présente les corrélations obtenues en GSM, entre les épreuves de rythme et de conscience phonologique et entre les épreuves de rythme et de prélecture après contrôle de l'inhibition et de la conscience phonologique.

Tableau 16 : Corrélations entre rythme, conscience phonologique et prélecture, avant et sous condition de contrôle.

Corrélations existantes	Avant contrôle	Condition de contrôle	
		Inhibition	Conscience phonologique
RAVK3 – Prel3	0,436 p = 0,018	0,358 p = 0,061	0,329 p = 0,088
SM3 – IER3	0,457 p = 0,013	0,441 p =0,019	X
SM3 – IR3	0,463 p = 0,011	0,446 p = 0,017	X

Nous remarquons qu'après le contrôle de l'inhibition, le lien entre le rythme et la conscience phonologique reste significatif, comme établi précédemment. Les coefficients de corrélation ont tendance à légèrement diminuer. Ainsi, en fin de GSM, l'inhibition n'apparait pas comme élément explicatif des liens entre le rythme et la conscience phonologique.

Toutefois, la corrélation entre les variables RAVK3 et Prel3, sous condition de contrôle de la variable CI3, n'est plus significative, mais reste tendancielle (0,358 : p = 0,061). Si nous étudions le lien entre les variables RAVK3 et Prel3 en contrôlant cette fois-ci les compétences en conscience phonologique (variable PP3), la corrélation précédemment significative entre les deux variables disparait également, mais reste, encore une fois, tendancielle (0,329 ; p= 0,088).

Ainsi, si l'inhibition ne médiatise pas la relation entre le rythme et la conscience phonologique, elle médiatise la relation entre les variables RAVK3 et le score en prélecture. Néanmoins, cette corrélation (entre RAVK3 et Prel3) semble plus dépendante de la variable PP3 (conscience phonologique) puisque le coefficient de corrélation entre les deux variables diminue davantage sous contrôle de la conscience phonologique.

5.1.5.3. Discussion de l'analyse de corrélations partielles

Notre analyse de corrélations partielles avait comme premier objectif de déterminer si les relations entre la conscience phonologique et le rythme pouvaient être expliquées par l'influence de compétences cognitives et exécutives communes, à savoir l'inhibition. Nos résultats montrent que ce n'est pas le cas, ni en fin de MSM, ni en fin de GSM. Il existerait donc un lien direct entre les compétences rythmiques et la conscience phonologique que nous tenterons d'expliquer dans la discussion générale.

L'analyse de corrélation a également mis en évidence une corrélation entre les variables RAVK3 et Prel3, soit l'épreuve de rythme auditivo-visuo-kinesthésique et la reconnaissance de lettres. Nous questionnions la possibilité que cette corrélation soit attribuable à la capacité d'inhibition ou à des compétences en conscience phonologique. Quelle que soit la condition de contrôle, inhibition ou conscience phonologique, le coefficient de corrélation entre le rythme et la prélecture diminue et passe au-dessus du seuil de significativité retenu. Ainsi, le lien entre les compétences en prélecture et le rythme peut être expliqué à la fois par les compétences en inhibition et en conscience phonologique. Nous notons toutefois deux éléments. Sous chaque condition de contrôle, la corrélation entre RAVK3 et Prel3 reste tendancielle, ce qui pourrait laisser présager l'existence d'un lien direct entre les deux compétences. Finalement, c'est avec la conscience phonologique que le coefficient de corrélation baisse le plus, laissant penser que la conscience phonologique a plus de poids dans la médiation rythme – prélecture que l'inhibition.

5.1.6. Conclusion de l'étude n°1

L'étude préliminaire des résultats obtenus en maternelle par la cohorte des 31 enfants constituant notre groupe contrôle nous a permis de mettre en évidence l'existence de relations entre les compétences phonologiques et les compétences rythmiques. Ces résultats vont dans le sens de nos hypothèses et confortent l'idée selon laquelle un entrainement psychomoteur axé sur le développement des compétences temporelles développe certaines compétences en lien avec l'apprentissage de la lecture, en particulier la conscience phonologique.

Nos résultats indiquent également que les fonctions exécutives, notamment l'inhibition sont également importantes. En effet, dès le début de la MSM l'inhibition est tendanciellement en lien avec l'épreuve de prélecture, et significativement en lien avec les compétences en répétition de pseudo-mots à partir de la fin de MSM.

L'analyse des corrélations partielles met quant à elle en avant, que les compétences en inhibition ne médiatisent pas la liaison entre le rythme et la conscience phonologique, ni en fin de MSM, ni en fin de GSM. Par contre, les résultats diffèrent quant au lien établi entre les scores RAVK3 et Prel3. Le lien entre le rythme et la reconnaissance de mots est en partie médiatisée par la conscience phonologique et l'inhibition.

Après avoir étudié les relations entre rythme, inhibition et compétences en lien avec l'accès au langage écrit, il nous parait important maintenant de déterminer la valeur prédictive du rythme et de l'inhibition sur les compétences en lecture.

5.2. Étude n°2 : valeurs prédictives du rythme et de l'inhibition sur les compétences en lien avec l'accès au langage écrit.

Pour tenter de déterminer la valeur prédictive du rythme sur les compétences en prélecture et en lecture, nous allons utiliser les données recueillies en maternelle et au CP pour réaliser une étude de régression linéaire. Toutefois, comme nous l'avons dit précédemment, certaines variables ne répondent pas à la distribution normale des données. Ceci nous a conduits à devoir transformer nos variables et à effectuer une sélection de participants dans notre échantillon.

5.2.1. Transformation des variables et sélection de l'échantillon

Afin d'obtenir un maximum de variables respectant une distribution normale, nous avons transformé les variables grâce à la formule du Z score. Par la suite, nous avons progressivement éliminé certains participants présentant des résultats déviants (supérieurs ou inférieurs à ± 2 écarts-types). L'élimination des participants 7, 10, 15, 16, 17, 23, 25 nous a permis d'obtenir un maximum de variables répondant à la loi normale, pour les niveaux fins de MSM, fin de GSM et fin CP, soit un effectif de 24 enfants. Les tests de normalité des variables concernés sont disponibles en annexe 8.

Le tableau 17 ci-dessous récapitule les variables faisant l'objet du traitement statistique paramétrique avec notre effectif de 24 élèves.

Tableau 17 : Variables ayant une distribution normale (groupe contrôle ; n=24).

	Fin de MSM	GSM	CP
Variables respectant la normalité		AC	
	Prel2	Prel3	ELPM
	RPM2		ML1M
	IR2	IR3	ET
	IER2		MCL1M
		PP3	
	RAVK2	RAVK3	
	SM2	SM3	
	CI2		
	RVS2	RVS3	

5.2.2. Analyse corrélative

Le tableau 18 indique les corrélations significatives et tendancielles obtenues entre les mesures de rythme et d'inhibition en fin de moyenne et de grande section de maternelle pour les différentes variables en lien avec la lecture en maternelle et au CP en contrôlant l'âge chronologique. Le tableau global des corrélations concernant l'ensemble des variables est disponible en annexe 9.

Tableau 18 : Corrélations entre rythme et inhibition en maternelle avec les compétences en lecture en maternelle et au CP (a : p=0,94 ; b : p=0,096 ; c : p=0,082.

	Prel2	**RPM2**	**IR2**	**Prel3**	**IR3**	**PP3**	**ELPM**	**MLC1M**
RAVK2		***-0,555***						
RAVK3			***-0,448****	***0,444****		**0,358a**		***0,461****
SM2			***-0,467****					***0,460****
SM3					**0,355b**			
CI2	***0,430****	***0,519***		***0,370c***		***0,450****	***0,434****	***0,417****

Pour les variables de fin de moyenne section de maternelle (MSM), nous obtenons plusieurs corrélations significatives et positives entre les résultats obtenus à l'épreuve de contrôle de l'inhibition (variable CI2) et les variables Prel2 (épreuve de prélecture ; 0,430 ; p<0,05),

RPM2 (épreuve de répétition de pseudo-mots ; 0,519 ; p<0,01). Ces corrélations sont cohérentes avec les résultats obtenus dans notre étude précédente (voir partie 5.1.2.2.) ou une corrélation reliait tendanciellement CI2 et Prel2 et significativement, CI2 et RPM2. De plus, nous observons pour la première fois, une corrélation négative et significative entre RPM2 et RAVK2 (-0,555 ; p< 0,01).

En ce qui concerne les corrélations entre les résultats obtenus en fin de MSM et ceux obtenus au CP, nous notons qu'il existe des relations entre la mesure de l'inhibition en fin de moyenne section de maternelle (CI2) et l'efficacité en lecture de pseudo-mots (0,434 ; p<0,05). En outre, Les variables CI2 et SM2 (résultats à l'épreuve de synchronisation sensorimotrice en fin de moyenne section de maternelle) sont toutes les deux corrélées à la variable MLC1M, soit le nombre de mots lus correctement en une minute. Nous noterons que le coefficient de corrélation est légèrement plus élevé avec l'épreuve de rythme.

Finalement, nous relevons une relation tendancielle entre ELPM et les résultats obtenus en fin de moyenne section de maternelle à l'épreuve de répétition de pseudo-mots (variable RPM2 ; 0,385 ; p=0,070).

En ce qui concerne les résultats obtenus en fin de grande section de maternelle (GSM), nous obtenons à nouveau une corrélation entre les variables Prel3 et RAVK3 (0,444 ; p<0,05). La variable Prel3 est également positivement corrélée à la variable PP3 (épreuve des processus phonologiques ; 0,449 ; p<0,05). Les corrélations entre ces variables avaient déjà été mises en évidence précédemment (voir 5.1.3.2.). Finalement, les résultats en prélecture sont tendanciellement liés aux compétences en inhibition en MSM (variable IC2 ; 0,370 ; p=0,082)

La variable RAVK3 est également corrélée aux variables ML1M (0,497 ; p<0,05) et MCL1M (0,461 ; p<0,05). De plus, la variable MLC1M est corrélée à la variable PP3 (0,414 ; p=0,05). Enfin, nous notons une corrélation tendancielle entre les variables RAVK3 et PP3 (0,358 ; p=0,094). Notons que précédemment dans notre étude, une corrélation tendancielle liait déjà ces deux variables (voir 5.1.3.2.).

Ainsi, les résultats de cette analyse corrélative indiquent que :

- Les performances en reconnaissance de lettres et de mots en fin de MSM sont en partie dépendantes des compétences en inhibition obtenues dans la même année (variables Prel2 et CI2).
- Les performances en reconnaissance de lettres et de mots en fin de GSM (Prel3) pourraient dépendre en partie des compétences en conscience phonologique (PP3), et en rythme (RAVK3) en fin de GSM.
- Le nombre de mots lus correctement en une minute (MLCM) au CP dépend, quant à lui, en partie des performances en inhibition et en rythme de fin de MSM (variable CI2 et SM2), mais également des compétences en conscience phonologique et en rythme de fin de GSM (variables PP3 et RAVK3).
- Finalement, l'efficacité en lecture de pseudo-mots au CP pourrait être prédite par les compétences en inhibition en fin de moyenne section de maternelle (variable ELPM et CI2).

En ce sens, nous allons procéder à plusieurs études de régression afin de comprendre le pourcentage de variance des scores Prel2 prédit par les compétences en inhibition en fin de moyenne section de maternelle ; Prel3 prédit par les performances en conscience phonologique et en rythme en fin de GSM ; MLCM prédit par les variables CI2, SM2, RAVK3 et PP3 ; et finalement, ELPM prédit par les performances en inhibition en fin de MSM.

5.2.3. Analyses de régression linéaire

Les données brutes des analyses de régression sont disponibles en annexe 10.

5.2.3.1. Fin de moyenne section de maternelle

D'après les régressions linéaires simples effectuées, les compétences en inhibition mesurées en fin de moyenne section de maternelle (variable CI2) expliquent un peu plus de 16% de la variance en reconnaissance de lettres et de mots la même année (Prel2).

La même variable CI2 explique 18% de la variance en mots correctement lus en une minute au CP, et un peu plus de 20% de la variance en efficacité de lecture de pseudo-mots au CP.

En ce qui concerne la variable SM2, celle-ci explique environ 21,5% de la variance en mots correctement lus en une minute.

Le tableau 19 ci-dessous récapitule les pourcentages de variance en prélecture, efficacité de lecture de pseudo-mots et nombre de mots lus correctement expliqués par les variables mesurées en fin de MSM.

Tableau 19 : Pourcentages de variances des variables Prel2, ELPM et MLC1M expliquées par les variables CI2 et SM2.

Variables prédites		Prel2	ELPM	MLC1M
% de variance expliquée par :	CI2	16%	20%	18%
	SM2	x	X	21,5%

5.2.3.2. Fin de grande section de maternelle (GSM).

En fin de grande section de maternelle, environ 24% de la variance en prélecture est expliquée par les résultats obtenus à l'épreuve de rythme auditivo-visuo-kinesthésique (variable RAVK3) contre 16% par la variable PP3.

La variable RAVK3 explique 17,5% de la variance pour la variable MLC1M. Les résultats en conscience phonologique en GSM (variable PP3) expliquent 16,5% de la variance en mots lus correctement en une minute.

Le tableau 20 récapitule les résultats obtenus.

Tableau 20 : Pourcentages de variances des variables Prel3 et MLC1M expliqués par les variables PP3 et RAVK3.

Variables prédites		Prel3	MLC1M
% de variance expliquée par :	PP3	16%	16,5%
	RAVK3	24%	17,5%

5.2.4. Discussion des analyses de régression

Dès la moyenne section de maternelle, les épreuves de rythme prédisent les compétences en lecture de mots au CP, et plus précisément le nombre de mots correctement lus en une minute. À noter qu'en fin de MSM, ce sont les compétences en synchronisation motrice qui prédisent le nombre de mots correctement lus en une minute, alors qu'en fin de GSM, ce sont les compétences en reproduction de séquences gestuelles rythmiques qui expliquent la variance de cette même variable (MLC1M). Le nombre de mots lus correctement en une minute au CP peut également être expliqué par les compétences en inhibition en fin de MSM (variable CI2). Néanmoins, la variable SM2 (l'épreuve de synchronisation au métronome) présente une valeur prédictive plus élevée.

En ce qui concerne les compétences en prélecture en maternelle, elles sont expliquées en fin de MSM par les compétences en inhibition évaluées la même année (CI2 explique 16% de Prel2). En fin de GSM, elles sont prédites par les variables RAVK3 et PP3. En ce qui concerne ces dernières, la variable RAVK3 présente une valeur prédictive plus élevée. Ainsi, en plus du lien corrélatif qui liait déjà les variables Prel3 et RAVK3, nous avons mis en évidence que cette épreuve de rythme pouvait prédire les compétences en reconnaissance de lettres et de mots.

Finalement, seule l'inhibition constitue une variable prédictive de l'efficacité du décodage en lecture (variable ELPM).

5.2.5. Conclusion de l'étude n°2

Même si ces analyses de régression ne sont que partielles, puisque toutes les variables n'ont pas pu être prises en compte et que nous avons dû réduire notre effectif expérimental, les résultats obtenus confortent l'hypothèse de l'existence de liens forts entre les compétences rythmiques et les performances en lecture au CP (nombre de mots lus). Le nombre de mots lus correctement en CP peut être prédit par les résultats aux épreuves de rythme en maternelle. En revanche, les compétences plus spécifiques en décodage au CP ne sont prédites que par les scores obtenus en inhibition en fin de MSM.

En conséquence, des épreuves de rythmes pourraient être développées pour constituer des batteries de dépistage de futurs niveaux de lecture et permettre d'identifier en maternelle des enfants susceptibles d'avoir des difficultés en lecture au CP.

5.3. Étude n°3 : effet d'un entrainement psychomoteur sur les compétences en lien avec la lecture en maternelle

L'objectif de cette troisième étude est de comparer l'évolution des enfants en fonction des groupes afin de mettre en évidence les bénéfices de l'entrainement psychomoteur axé sur le développement des compétences temporelles sur les compétences en lecture.

Pour ce faire nous allons tout d'abord procéder à la comparaison des moyennes au pré-test, puis nous comparerons les évolutions moyennes des groupes après chaque entrainement comme l'ont fait Flaugnacco et al (2015) en calculant pour chaque variable et chaque groupe les différences entre les résultats après et avant les entrainements. Enfin, nous comparerons les résultats des enfants en fin de CP.

5.3.1. Résultats obtenus aux pré-tests et comparaison des moyennes

Les moyennes et écarts-types, pour chacune des variables prises en compte, et en fonction des groupes, sont présentés dans le tableau 21.

Quelques différences de moyennes entre les deux groupes, concernant certaines variables, apparaissent à la lecture du tableau. Par exemple, pour la variable IR1, la différence moyenne entre les deux groupes est de presque 1 point en faveur du groupe expérimental. Ce dernier commet également moins d'erreurs en identification de rimes (variable ER1) et présente un meilleur indice d'efficacité (IER1). Un point sépare en moyenne les deux groupes pour l'épreuve de raisonnement visuo-spatial (RVS1), cette fois-ci en faveur du groupe contrôle. Pour les autres variables, les scores moyens obtenus sont relativement homogènes intergroupes.

Tableau 21 : Moyennes et écart-types en fonction des groupes pour l'évaluation pré-test.

	Groupe contrôle		***Groupe expérimental***	
	M	ET	M	ET
PreL1	**1,80**	*1,72*	**1,80**	*1,86*
RPM1	**15,09**	*2,65*	**15,60**	*2,87*
SP1	**7,70**	*2,78*	**7,96**	*3,37*
IR1	**2,93**	*2,76*	**3,86**	*2,86*
ER1	**2,64**	*2,51*	**1,96**	*1,88*
IER1	**0,41**	*0,14*	**0,52**	*0,09*
RAVK1	**1,25**	*1,36*	**1,06**	*1,36*
SM1	**1,74**	*1,31*	**1,76**	*1,35*
MCT1	**3,22**	*0,66*	**3,10**	*0,48*
CI1	**11,74**	*3,65*	**11,03**	*3,15*
RVS1	**8,16**	*3,76*	**7,16**	*4,00*

Se pose donc la question de savoir si nos deux groupes ont des résultats moyens statistiquement homogènes, ou si les différences de moyennes observées montrent une divergence des compétences entre les enfants.

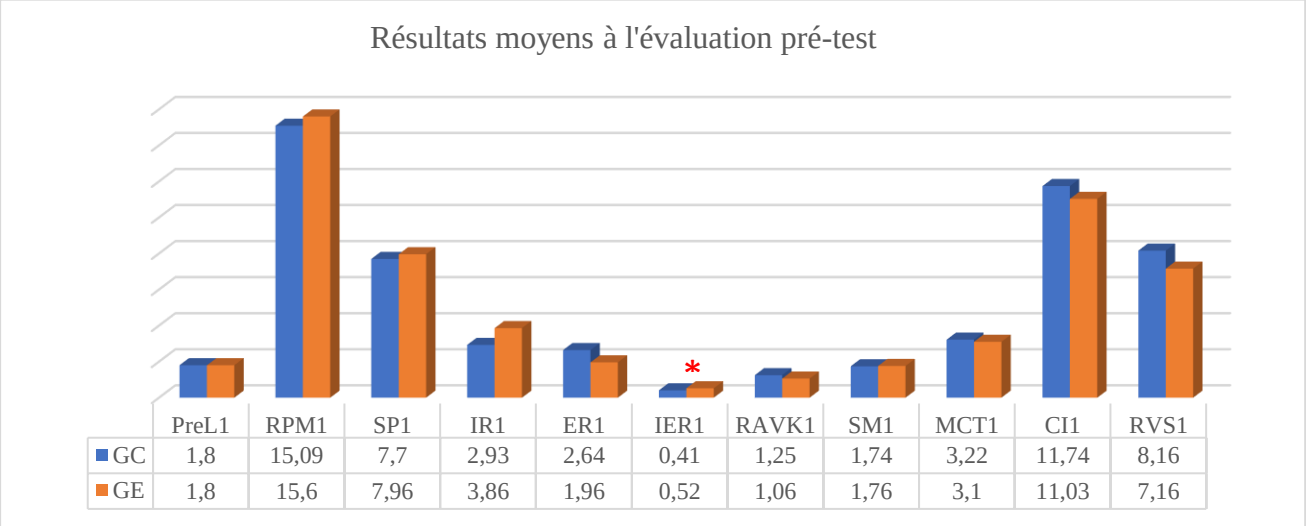
En fonction des résultats aux tests de normalité de Shapiro-Wilk, nous utilisons, soit le test paramétrique t de Student pour la comparaison des moyennes, soit le test U de Mann Whithney, tests non paramétriques équivalents lorsque la distribution gaussienne des données n'est pas établie (annexe 13).

Pour les variables RPM1, CI1 et RVS1 qui répondent pour chaque groupe à la condition de normalité, nous utilisons le test t de Student pour échantillons indépendants. Pour chacune de ces variables, nous acceptons tout d'abord l'homogénéité des variances au test de Levene ($p>0,05$ pour chaque variable). De la même manière, nous acceptons l'égalité des moyennes pour les trois variables ($p>0,05$).

Pour les variables Prel1, SP1, IR1, ER1, IER1, RAVK1, SM1 et MCT1, qui ne répondent pas à la condition de normalité, nous utilisons le test U de Mann-Whitney. Nous acceptons

l'hypothèse de distribution identique pour toutes les variables, à l'exception de la variable IER1, soit l'indice d'efficacité en identification de rimes (p=0,009).

Le graphique 26 présente sous la forme d'histogrammes les résultats moyens des groupes. La différence significative est marquée par un astérisque (*).



	PreL1	RPM1	SP1	IR1	ER1	IER1	RAVK1	SM1	MCT1	CI1	RVS1
GC	1,8	15,09	7,7	2,93	2,64	0,41	1,25	1,74	3,22	11,74	8,16
GE	1,8	15,6	7,96	3,86	1,96	0,52	1,06	1,76	3,1	11,03	7,16

*Figure 26 : Graphiques des résultats moyens obtenus en pré-test en fonction des groupes (GC: groupe contrôle; GE: groupe expérimental; * : différence significative).*

Ainsi, il est possible de conclure que les deux groupes présentent des résultats homogènes lors du prétest, sauf pour le calcul de l'indice d'efficacité en identification de rimes (variable IER1). Notons que seule la variable IER1 est statistiquement divergente en fonction des groupes, et que les résultats moyens pour les variables IR1 (nombre de rimes identifiées) et ER1 (nombre d'erreurs en identification de rimes) ne divergent pas significativement en fonction des groupes.

5.3.2. Évolution des groupes après le premier entrainement

5.3.2.1. Calcul des variables « évolution 1 »

Pour comparer les évolutions moyennes, nous créons les variables « évolution 1» pour chaque mesure prise en compte. Ainsi pour la variable « Prel », résultat à l'épreuve de prélecture, nous créons la variable Eprel1 (évolution en prélecture 1), correspondant à l'évolution des résultats à l'épreuve de prélecture entre l'évaluation en début de moyenne section de maternelle, variable Prel1, et l'évaluation en fin de moyenne section de maternelle, variable Prel2. La variable Eprel1 est égale à Prel2 – Prel1.

Il en va de même pour l'ensemble des variables étudiées. Le tableau 22 présente les différentes variables évolutions, leur formule de calcul, et leurs valeurs moyennes en fonction des deux groupes.

Les statistiques descriptives des variables « évolution » (1, 2 et globale) et les tests de normalités sont retrouvés, respectivement en annexe 11 et 12.

Tableau 22 : variables "évolution1" pour chaque variable en fonction des groupes.

Variable	Calcul	Groupe contrôle		Groupe expérimental	
		Moyenne	*ET*	**Moyenne**	*ET*
Eprel1	*Prel2-Prel1*	**1,22**	*1,23*	**1,56**	*1,35*
ERPM1	*RPM2-RPM1*	**2,19**	*1,68*	**2,60**	*2,12*
ESP1	*SP2-SP1*	**2,22**	*2,48*	**1,30**	*1,72*
EIR1	*IR2-IR1*	**0,45**	*2,51*	**0,66**	*3,19*
EER1	*ER2-ER1*	**-1,03**	*2,34*	**-0,26**	*1,84*
EIER1	*IER2-IER1*	**0,09**	*0,15*	**0,05**	*0,15*
ERAVK1	*RAVK2-RAVK1*	**1,48**	*1,78*	**2,03**	*1,51*
ESM1	*SM2-SM1*	**1,35**	*1,42*	**2,63**	*1,67*
EMCT1	*MCT2-MCT1*	**0,12**	*0,56*	**0,43**	*0,50*
ECI1	*CI2-CI1*	**1,70**	*4,37*	**2,63**	*3,54*
ERVS1	*RVS2-RVS1*	**2,77**	*4,87*	**3,70**	*3,71*

De manière générale, nous observons que le groupe expérimental a plus évolué que le groupe contrôle, à l'exception du nombre de bonnes réponses à l'épreuve de sensibilité à une erreur phonologique (évolution moyenne supérieure de +0,92 point en faveur du groupe contrôle), du nombre d'erreurs en identification de rimes (évolution moyenne supérieur de -0,77 point

pour les enfants non entraînés) et, de l'indice d'efficacité en identification de rimes (+0,04 point d'évolution moyenne en plus).

En ce qui concerne le groupe expérimental, les plus grandes différences d'évolution sont relevées pour les scores en synchronisation au métronome (+1,28 points d'évolution en plus comparativement au groupe contrôle), en contrôle de l'inhibition et en raisonnement visuo-spatial (+0,93 point d'évolution en plus pour chaque variable). Nous allons maintenant comparer les différences de moyennes d'évolution en fonction des groupes.

5.3.2.2. Comparaison des moyennes d'« évolution 1 »

Au test de normalité de Shapiro-Wilk, les variables EER1 et ECI1 répondant à la condition de normalité, nous utilisons le test t de Student pour échantillons indépendants afin de déterminer s'il existe une différence d'évolution en erreurs de rimes ou dans le contrôle de l'évolution. Pour les autres variables, nous utiliserons le test U de Mann Whitney (annexe 14).

Ainsi, en ce qui concerne les variables EER1 et ECI1 (respectivement évolution des erreurs en identification de rimes, et évolution du contrôle de l'inhibition), nous acceptons l'hypothèse d'homogénéité des variances pour les deux variables concernées. Au test t, les différences de moyennes entre les deux groupes ne sont pas statistiquement significatives.

Pour les variables EPrel1, ERPM1, ESP1, EIR1, EIER1, RAVK1, ESM1, EMCT1 et ERVS1, les résultats obtenus au test U de Mann Whitney indiquent qu'il existe une différence des résultats moyens pour deux variables. Il s'agit de la variable ESM1, évolution en synchronisation au métronome ($p<0,003$) et de la variable EMCT1, évolution en mémoire à court terme ($p<0,038$). Les figures 27 et 28 illustrent plus précisément les divergences d'évolution.

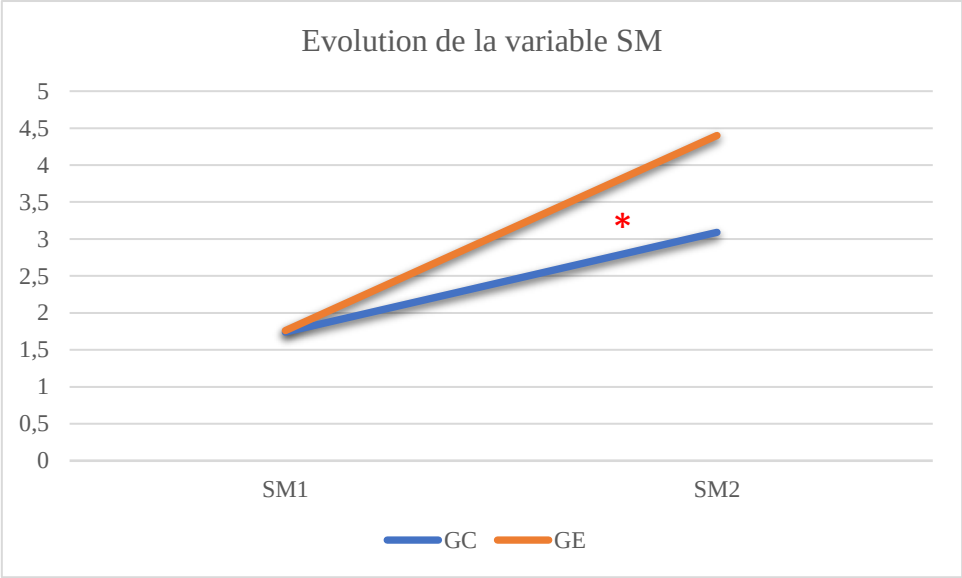


Figure 27 : Évolution de la variable SM en MSM (: différence significative).*

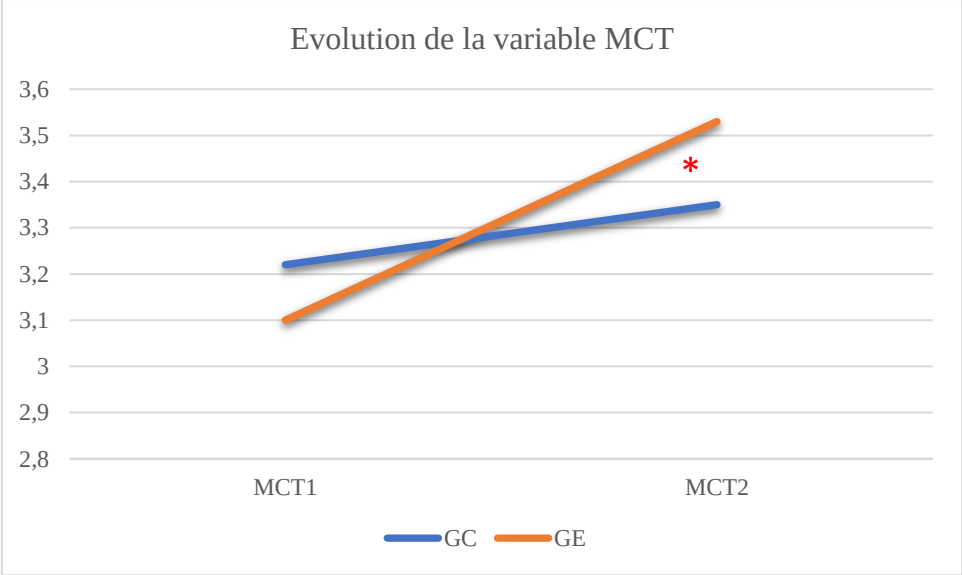


Figure 28 : Évolution de la variable MCT en MSM (: différence significative).*

Pour les autres variables prises en compte, il n'existe pas de différence entre les groupes.

Ainsi, suite au premier entrainement, le groupe d'enfants ayant reçu l'entraînement psychomoteur ont significativement plus évolué en rythme (synchronisation sensorimotrice) et en mémoire à court-terme que les enfants non entraînés.

5.3.2.3. Comparaison des résultats obtenus à l'épreuve des processus phonologiques

Dans notre analyse statistique, il n'est pas possible de comprendre l'effet du premier entrainement sur la variable PP (épreuve de processus phonologique), puisque nous avons introduit celle-ci au cours du protocole (plus précisément à la fin de la MSM). Nous allons néanmoins procéder à une comparaison des moyennes obtenues à cette épreuve en fin de MSM (voir annexe 15). Le tableau 23 présente les moyennes et écarts-types obtenus, en fonction des groupes pour cette variable.

Tableau 23 : Moyennes et écarts-types pour l'épreuve des processus phonologiques en fin de MSM.

	Groupe contrôle		***Groupe expérimental***	
	M	ET	M	ET
PP2	**8,32**	*1,92*	**9,34**	*1,35*

Cette variable ne respectant pas la distribution gaussienne pour les résultats des enfants du groupe contrôle (voir test de Shapiro-Wilk en annexe), nous allons comparer les moyennes obtenues à l'aide du test U de Mann Whithney.

Au test de Mann Withney, il existe une différence de moyenne statistiquement significative pour la variable PP2, en faveur du groupe expérimental (p= 0,026).

5.3.3. Évolution des enfants après le second entraînement

5.3.3.1. Création des variables « évolution 2 »

Pour comprendre les éventuels bénéfices du second entrainement nous créons les variables « évolution 2» pour chaque mesure prise en compte. Ainsi pour la variable « RPM », résultat à l'épreuve de répétition de pseudo-mots, nous créons la variable ERPM2 (évolution en répétition de pseudo-mots 2), correspondant à l'évolution des résultats à l'épreuve de répétition de pseudo-mots entre l'évaluation en fin de moyenne section de maternelle, variable

RPM2, et l'évaluation en fin de grande section de maternelle, variable RPM3. La variable ERPM2 est égale à RPM3 – RPM2.

Il en va de même pour l'ensemble des variables étudiées à l'exception de l'épreuve de prélecture. En effet, la planche items de cette épreuve a été modifiée entre la MSM et la GSM. En MSM, les items lettres et mots ont été présentés en lettres bâtons/majuscules. En GSM, nous avons utilisé la planche d'origine de la batterie EDA, avec ses items en scriptes/minuscules. Il est donc difficile de considérer l'évolution des compétences en reconnaissance de lettres et de mots de la MSM à la GSM, puisqu'il s'agit plutôt d'un nouvel apprentissage (reconnaissance des lettres en minuscule). Le tableau 24 rappelle l'ensemble des variables « évolution 2 » et leur formule de calcul, et précise les valeurs moyennes d'évolution en fonction des groupes.

Le tableau 24 indique qu'à l'exception de l'épreuve de mémoire à court-terme, le groupe expérimental a systématiquement évolué davantage comparativement au groupe contrôle. Nous questionnons alors la différence d'évolution des deux groupes durant l'année de GSM au cours de laquelle le groupe expérimental a bénéficié du second entraînement.

Tableau 24 : Variables "évolution2" pour chaque variable en fonction des groupes.

Variable	Calcul	Groupe contrôle		Groupe expérimental	
		Moyenne	*ET*	**Moyenne**	*ET*
ERPM2	*RPM3-RPM2*	**0,54**	*1,15*	**0,80**	*0,84*
EIR2	*IR3-IR2*	**1,03**	*2,72*	**1,93**	*2,53*
EER2	*ER3-ER2*	**-0,32**	*1,68*	**-1,26**	*1,25*
EIER2	*IER3-IER2*	**0,09**	*0,16*	**0,21**	*0,15*
EPP2	*PP3-PP2*	**0,61**	*2,01*	**1,46**	*1,16*
ERAVK2	*RAVK3-RAVK2*	**0,12**	*1,97*	**1,46**	*1,04*
ESM2	*SM3-SM2*	**1,54**	*1,05*	**1,93**	*1,33*
EMCT2	*MCT3-MCT2*	**0,51**	*0,56*	**0,26**	*0,44*
ECI2	*CI3-CI2*	**2,93**	*3,59*	**3,66**	*2,98*
ERVS2	*RVS3-RVS2*	**2,80**	*4,82*	**5,60**	*4,31*

5.3.3.2. Comparaison des moyennes d' « évolution 2 »

Les résultats bruts sont disponibles en annexe 16. Les variables EIR2, EIER2, ECI2 et RVS2 répondant à la condition de normalité, nous utilisons le test t de student. Pour ces quatre variables, nous acceptons l'homogénéité des variances au test de Levene. Le test t montre alors deux différences de moyennes statistiquement significatives, tout d'abord pour la variable EIER2, soit l'indice d'efficacité en identification de rimes (t=-3,023 ; p= 0,004) et pour la variable ERVS2 (t=-2,379 ; p= 0,021). Les figures 29 et 30 illustrent l'évolution des résultats des enfants, entre la fin de MSM et la fin de GSM.

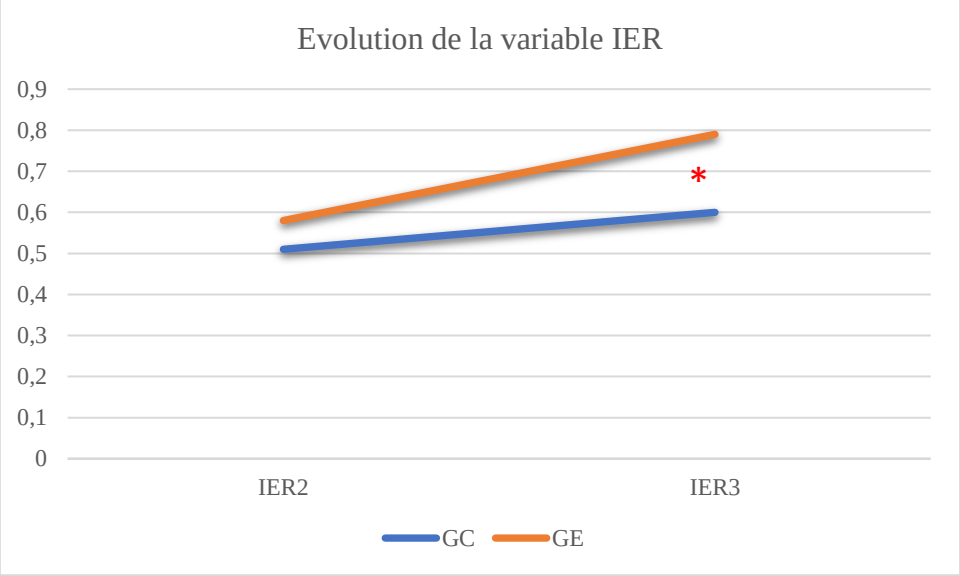


Figure 29 : Évolution de la variable IER avant et après le 2nd entraînement (: différence significative).*

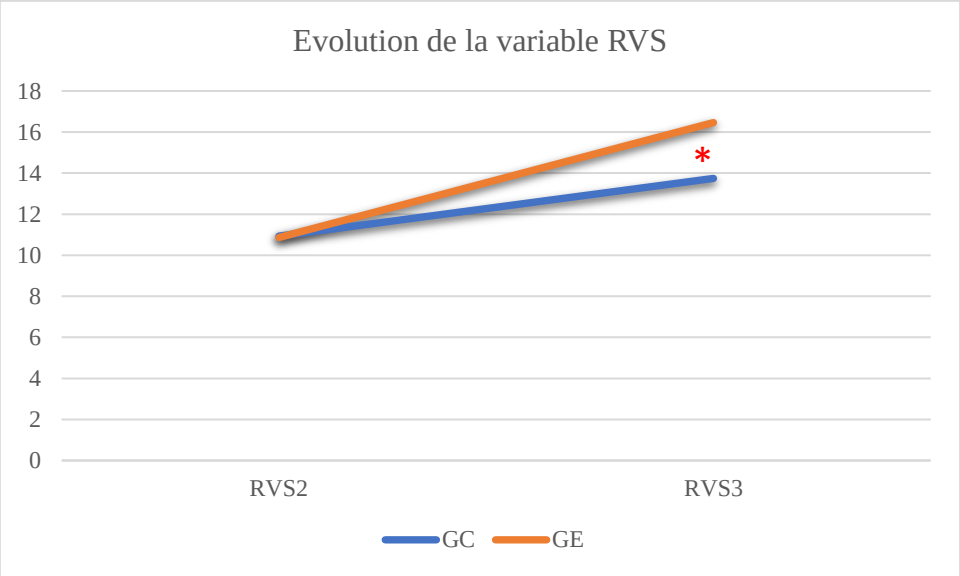


Figure 30 : Évolution de la variable RVS avant et après le 2nd entraînement (: différence significative)..*

En ce qui concerne les variables ERPM2, EER2, EPP2, ERAVK2, ESM2 EMCT2, qui ne répondent pas à l'exigence de normalité pour la pratique de tests paramétriques, nous utilisons le test U de Mann Whitney.

Le test de Mann Whitney met en évidence trois différences de moyennes statistiquement significatives et une différence tendancielle. L'évolution en erreurs de rimes (EER2), en rythme auditivo-visuo-kinesthésique, supérieure chez les enfants du groupe expérimental est statistiquement significative comme l'indiquent les figures 31 et 32.

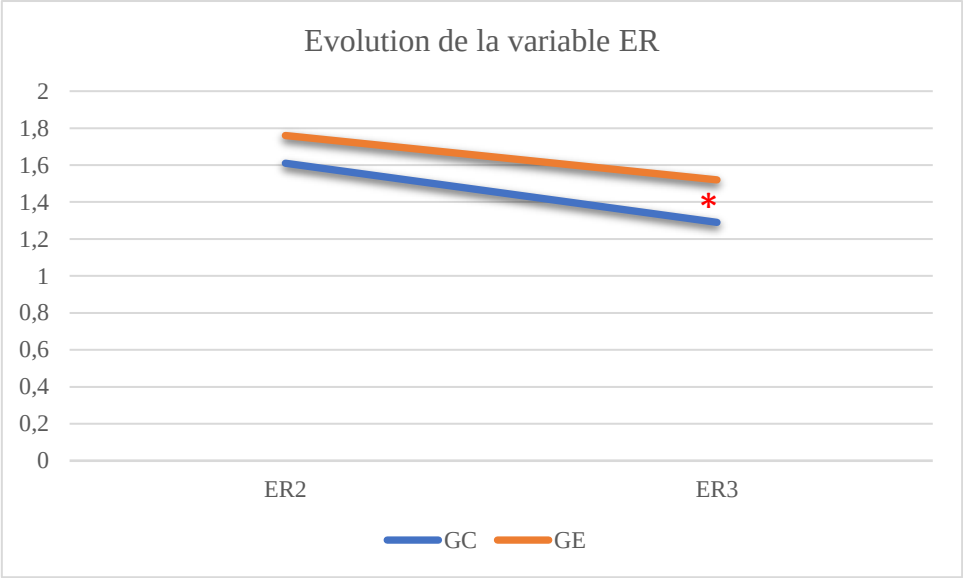


Figure 31 : Evolution de la variable ER avant et après le 2nd entraînement (: différence significative).*

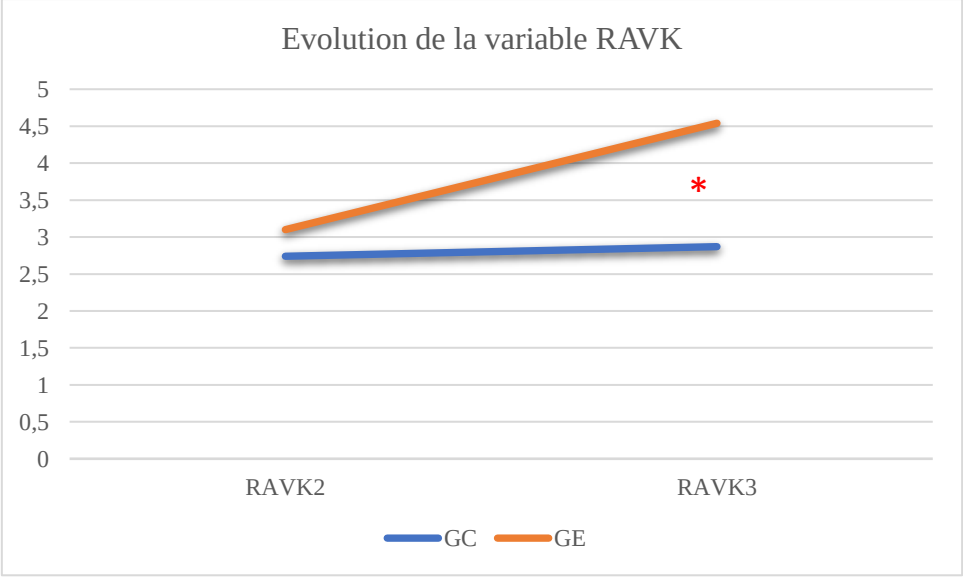


Figure 32 : Évolution de la variable RAVK avant et après le 2nd entraînement (: différence significative).*

L'analyse révèle également que la différence d'évolution est statistiquement significative pour la variable MCT, soit l'empan de la mémoire à court-terme, en faveur du groupe contrôle (voir figure 33).

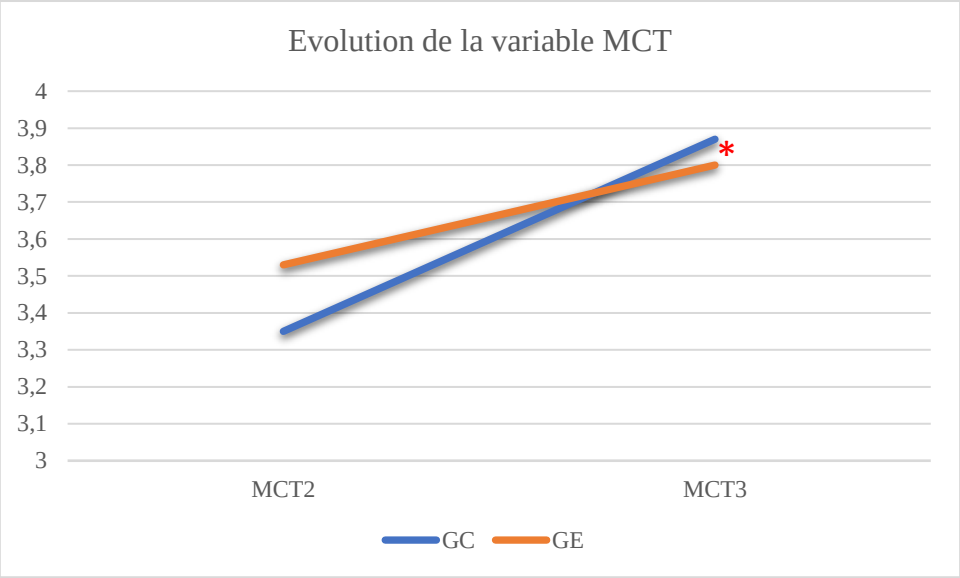


Figure 33 : Evolution de la variable MCT avant et après le 2nd entraînement (: différence significative).*

Finalement, les enfants du groupe expérimental ont davantage évolué concernant l'épreuve de processus phonologique. Les résultats au test de différences de moyenne sont proche du seuil de significativité (p=0,057).

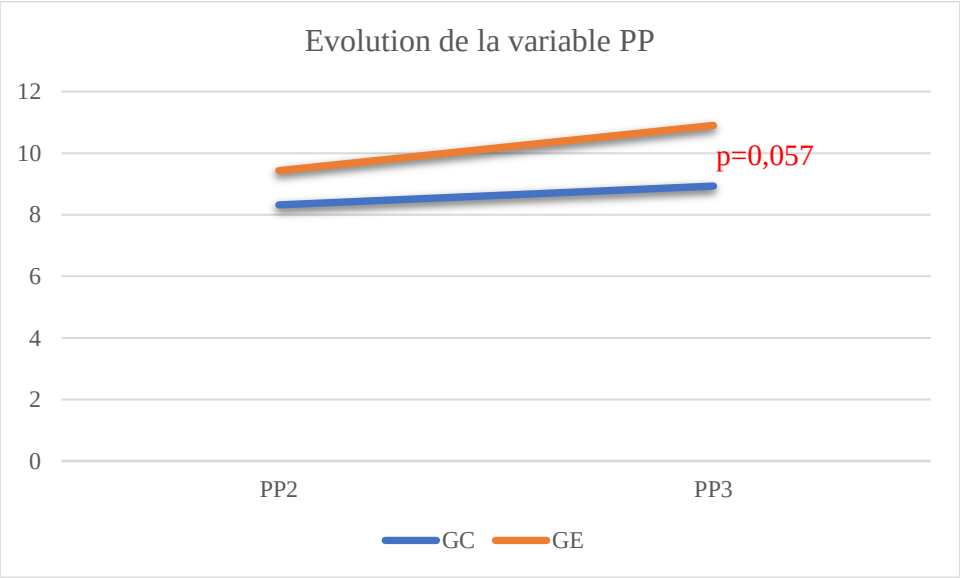


Figure 34 : Évolution de la variable PP avant et après le 2nd entraînement.

En conclusion, avant et après le second entraînement, les enfants du groupe expérimental ont plus évolué quant à leur capacité rythmique, mais cette fois ci c'est dans la reproduction de séquences motrices que des bénéfices sont mis en évidence. De plus, leurs compétences en

conscience phonologique ont davantage progressé en comparaison avec les enfants du groupe contrôle, comme le montre la diminution significative du nombre d'erreurs en identification de rimes et l'augmentation significative de l'efficacité en identification de rimes. L'évolution du raisonnement visuo-spatial est également meilleur chez les enfants entraînés. Par opposition, les enfants du groupe contrôle ont plus évolué quant à leur capacité en mémoire à court terme.

5.3.3.3. Comparaison des résultats à l'épreuve de prélecture

Comme il ne nous paraissait pas pertinent de créer la variable évolution en Prélecture 2, nous allons comparer les résultats obtenus à l'épreuve de reconnaissance de lettres et de mots en fin de GSM (variable Prel3), en fonction des groupes. Le tableau 25 présente les moyennes et écarts-types des résultats obtenus par les enfants et les données bruts sont disponibles en annexe 17.

Tableau 25 : Moyennes et écarts-types pour l'épreuve de prélecture en fin de GSM.

	Groupe contrôle		***Groupe expérimental***	
	M	ET	M	ET
Prel3	**3,32**	*2,41*	**3,56**	*2,47*

Prel3 ne respectant pas la condition de normalité, nous comparons les moyennes avec le test de Mann Whitney, qui ne met pas en évidence de différences significatives entre les groupes (p=0,760).

Ainsi, en fin de GSM, les enfants présentent des compétences en reconnaissance de lettres et de mots similaires.

5.3.4. Évolution des compétences sur les deux années d'entrainement

5.3.4.1. Création des variables « Évolution globale »

Précédemment, nous nous sommes focalisés sur les différences d'évolution, étape par étape, en fonction des entrainements. L'analyse des résultats a mis en évidence l'évolution significative et positive du groupe expérimental pour les compétences rythmiques

(synchronisation au métronome), ainsi que la mémoire à court terme. Après le second entrainement, la conscience phonologique s'est améliorée significativement pour le groupe expérimental. Les compétences en reproduction de séquences motrices ont également évolué davantage pour les enfants entraînés. Le groupe contrôle à lui statistiquement évolué différemment du groupe expérimental pour ce qui est de l'empan de la mémoire à court-terme.

Si les autres variables prises en compte dans notre étude, précisément les variables RPM, IR, CI n'ont pas données lieu à des différences intergroupes significative après chacun des entraînement (soit le premier ou le deuxième), il reste possible qu'en comparant l'évolution globale des enfants, des divergences d'évolution apparaissent. Il s'agira donc ici de comparer l'évolution globale des enfants entre le début de la MSM et la fin de la GSM.

À cette fin, nous créons alors les variables « évolution globale » pour les variables citées précédemment, plus précisément pour les variables qui n'ont pas obtenu d'amélioration significative par le biais d'un seul entrainement. Nous étudierons également la variable MCT, puisque les deux groupes ont évolué significativement à des moments différents du protocole (le groupe expérimental, après le premier entrainement ; le groupe contrôle entre la fin de la MSM et la fin de la GSM). En ce sens, l'étude de l'évolution globale des compétences en mémoire à court terme permettra de mieux comprendre les bénéfices éventuels des entraînements sur cette compétence (voir annexe 18).

La nouvelle variable EGRPM (évolution globale en répétition de pseudo-mots) est calculée ainsi : RPM3-RPM1. Il en va de même pour les autres. Le tableau 26 présente les variables « Évolution globale » et les moyennes et écarts-types en fonction des groupes.

Tableau 26 : Moyenne et écarts-types des variables "évolution globale".

Variables	Calcul	Groupe contrôle		Groupe expérimental	
		Moyenne	*ET*	**Moyenne**	*ET*
EGRPM	*RPM3-RPM1*	**2,74**	*2,25*	**3,40**	*2,38*
EGIR	*IR3-IR1*	**1,48**	*3,24*	**2,60**	*2,85*
EGMCT	*MCT3-MCT1*	**0,64**	*0,48*	**0,70**	*0,53*
EGCI	*CI3-CI1*	**4,64**	*3,91*	**6,30**	*3,40*

L'évolution globale des variables étudiées est en faveur du groupe expérimental, qui donne plus de bonnes réponses en répétition de pseudo-mots et d'identification de rimes et dans l'épreuve de contrôle de l'inhibition. De plus, l'évolution moyenne de l'empan de la mémoire à court-terme est légèrement supérieure pour les enfants entraînés.

5.3.4.2. Comparaison des moyennes d' « évolution globale »

La variable EGIR répondant à la normalité, nous utilisons le test t de Student. L'homogénéité des variances est admise par le test de Levene, le test t de Student ne met pas en évidence de différence de moyenne significative entre les deux groupes.

La différence de moyenne, pour les autres variables est établie à l'aide du test U de Mann Whitney. Le test met en évidence une différence significative pour l'évolution du contrôle de l'inhibition (variable EGCI, p= 0,045) comme l'illustre la figure 35.

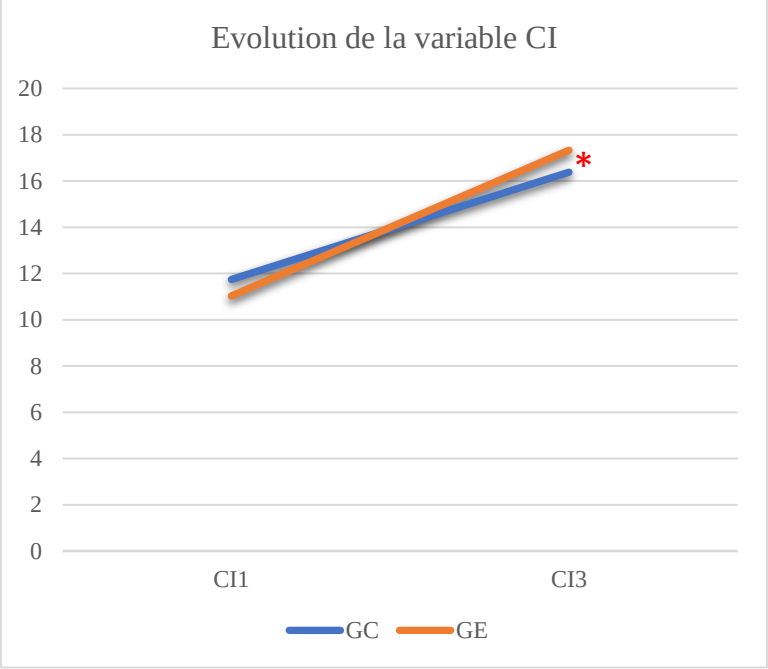


Figure 35 : Evolution de la variable CI du pré-test au post-test 2 (: différence significative).*

Les autres variables ne divergent pas significativement. Ainsi, au cours des deux années de protocole, les enfants du groupe expérimental ont vu leur compétence en inhibition davantage évoluer que les enfants du groupe contrôle.

5.3.5. Comparaison des performances en fin de CP

Nous avons également pris en compte les performances en conscience phonologique, en lecture de pseudo-mots et en lecture de texte des enfants à la fin de leur année de CP. Nous allons maintenant comparer les moyennes obtenues par les deux groupes. Les résultats obtenus sont disponibles en annexe 19.

Des mesures effectuées, nous prenons en compte les variables PP4 (épreuve des processus phonologiques), ELPM (efficacité en lecture de pseudo-mots), E1 (erreurs de décodage), E2 (autres erreurs), ET (nombre d'erreurs total) et MLC1M (nombre de mots lus correctement en une minute).

Le tableau 27 présente les moyennes et écarts- types obtenus par les enfants en fonction des groupes.

Tableau 27 : Moyennes et écarts-types, en fonction des groupes pour l'évaluation CP.

	Groupe contrôle		***Groupe expérimental***	
	M	ET	M	ET
PP4	**9,67**	*1,62*	**11,60**	*1,69380*
ELPM	**8,48**	*3,72*	**17,20**	*9,52048*
E1	**2,64**	*1,87*	**,70**	*,91539*
E2	**0,83**	*0,93*	**,96**	*,71840*
ET	**3,48**	*2,11*	**1,66**	*,92227*
MLC1M	**20,64**	*11,96*	**29,46**	*15,09906*

Ces variables étant significatives au Shapiro-Wilk, nous utilisons le test U de Mann Withney, qui relève des différences significatives de moyennes pour les variables PP4 ($p<0,001$), ELPM ($p<0,001$), E1 ($p<0,001$), ET($p<0,001$) et MLC1M ($p=0,014$), comme l'illustre la figure 36.

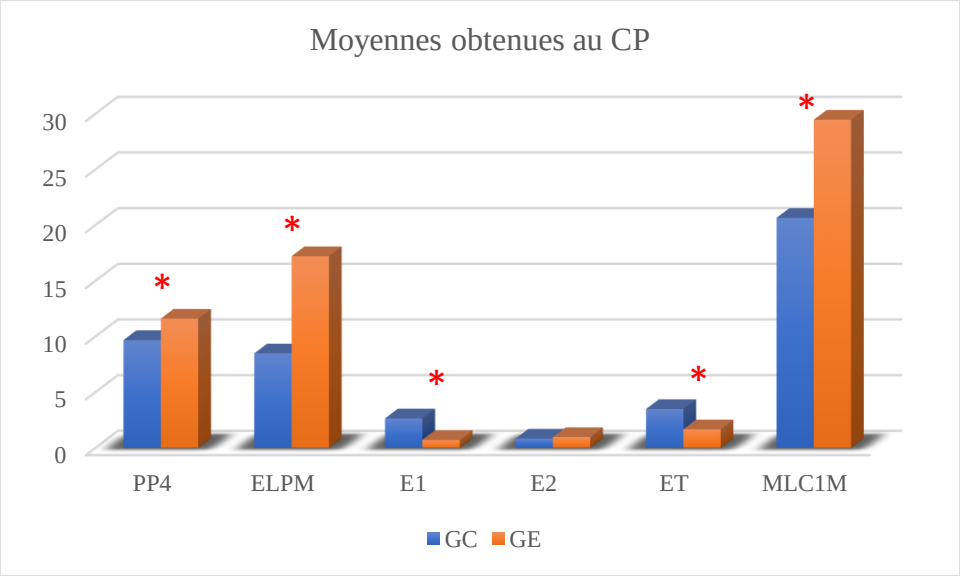


Figure 36 : Moyennes obtenues au CP en fonction des groupes (: différences significatives).*

5.3.6. Discussion des résultats de l'étude n°3

Dans le cadre de notre protocole expérimental, nous avons constitué deux groupes dont l'un a reçu un entrainement psychomoteur axé sur le développement des compétences temporelles et rythmiques, à raison d'une session annuelle de 12 séances de 45 minutes, en MSM et GSM. Grâce aux différentes évaluations réalisées, nous avons pu comparer les résultats moyens des deux groupes, tout comme les évolutions de chaque groupe pour chaque compétence.

D'une manière générale, les enfants du groupe expérimental présentent une meilleure évolution de leur compétence et ont donc davantage progressé que les enfants du groupe contrôle. Néanmoins, toutes les compétences n'ont pas évolué significativement.

La figure 37 rend compte de l'ensemble des résultats significatifs obtenus.

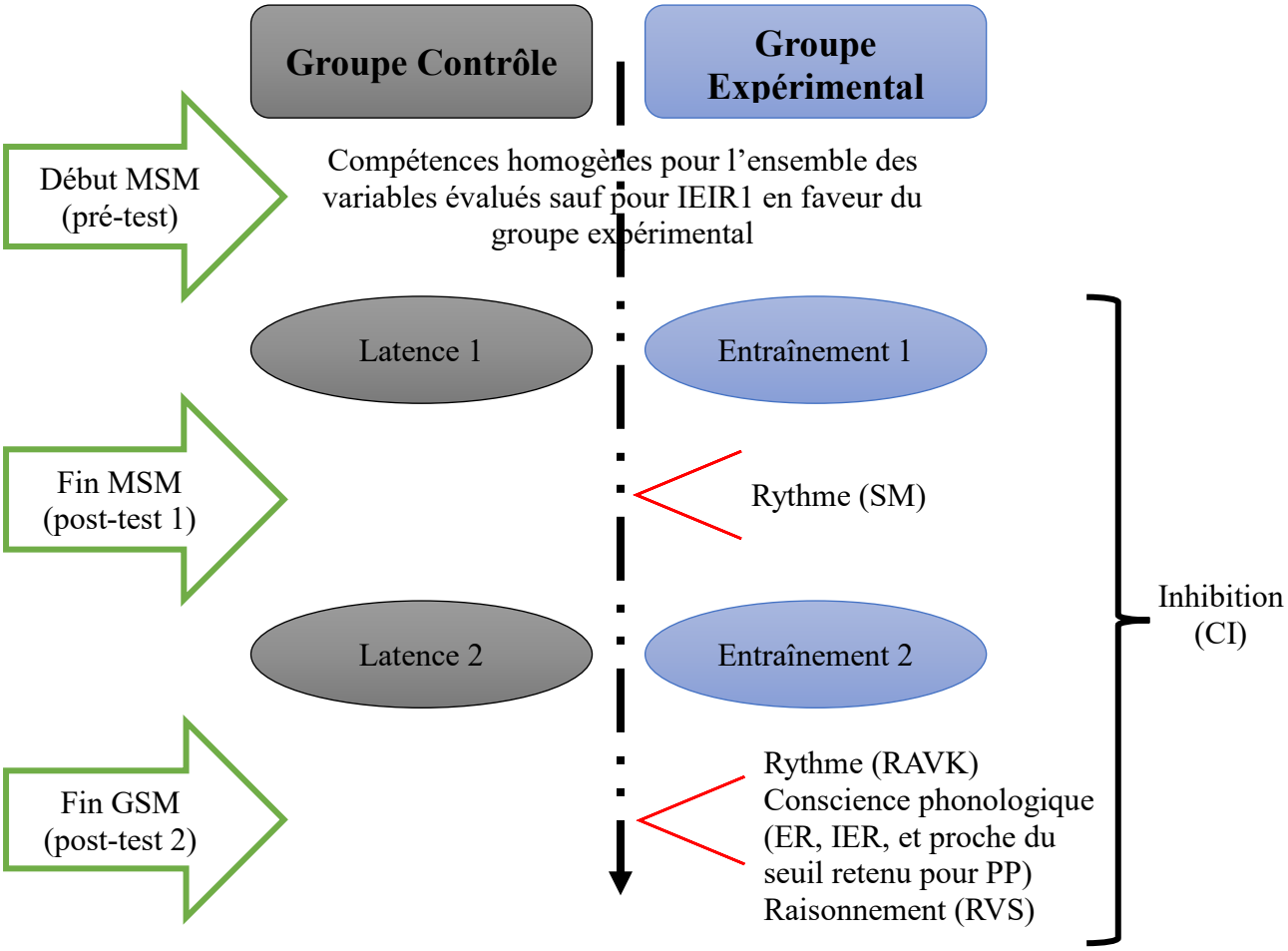


Figure 37 : Évolution des compétences des enfants au fur et à mesure des entraînements.

Ainsi, l'évaluation post-test 1 a mis en évidence une évolution statistiquement supérieure du groupe expérimental pour les compétences rythmiques (variable SM) comparativement à celle du groupe contrôle. Cette évolution peut être expliquée par les activités proposées lors du premier entraînement, comme par exemple danser, librement ou en synchronisation avec la musique.

Après le premier entrainement, ni les compétences en répétition de pseudo-mots, ni les compétences en conscience phonologique n'ont évolué significativement en faveur du groupe expérimental, même si les enfants ayant reçu l'entraînement ont tendance à présenter de meilleures moyennes et une plus forte évolution. Nous notons tout de même que la nouvelle épreuve de conscience phonologique (variable PP2) est statistiquement mieux réussie par les

enfants du groupe expérimental. Toutefois, comme signalé précédemment, il est difficile d'interpréter ce résultat comme dû à l'entrainement puisque l'épreuve n'a pas été administrée au pré-test.

Après le second entrainement, les enfants du groupe expérimental progressent significativement pour la seconde épreuve de rythme (variable RAVK). Encore une fois, cette évolution est cohérente avec l'entraînement proposé, qui a travaillé autour de la notion d'ordre (activité « chacun son tour », de séquence motrice « décodage corporel »).

De plus, cette fois-ci, les enfants de ce même groupe commettent significativement moins d'erreurs à l'épreuve d'identification de rimes, ce qui tend à montrer un effet positif de l'entrainement sur la conscience phonologique. Il en résulte une évolution statistiquement meilleure de l'un indice d'efficacité en identification de rimes chez les enfants entraînés. Nous avons également noté que la différence de moyenne d'évolution pour la variable PP (épreuve de processus phonologique) est proche du seuil de significativité retenu (p=0057), ce qui conforte l'idée selon laquelle une amélioration de la conscience phonologique est observée chez les enfants du groupe expérimental, après le second entraînement.

Encore une fois, l'entrainement psychomoteur ne semble pas avoir eu de bénéfices particuliers sur les compétences en répétition de pseudo-mots, ou encore de prélecture.

En ce qui concerne l'évolution des compétences cognitives et exécutives, nos résultats sont controversés quant à l'amélioration significative des capacités de mémoire à court terme. En effet, en MSM, les enfants entraînés ont significativement plus évolué que les enfants du groupe contrôle mais en GSM, les enfants du groupe contrôle ont évolué davantage en répétition de chiffres. L'analyse globale de l'effet de l'entraînement sur la mémoire à court terme ne montre finalement aucune différence d'évolution entre les groupes. Il semble donc difficile de penser que l'entrainement psychomoteur ait eu des bénéfices sur la mémoire.

Toutefois, les choses sont différentes en ce qui concerne l'épreuve de contrôle de l'inhibition. Au fur et à mesure des différentes évaluations, les enfants entraînés présentaient des évolutions positives supérieures, mais statistiquement non significatives, par rapport aux enfants non entraînés. Toutefois, en prenant en compte l'évolution des compétences en inhibition des enfants du début de la MSM jusqu'à la fin de la GSM, nous obtenons une différence significative pour l'évolution globale des enfants, en fonction des groupes, en

faveur des enfants entraînés. Il est donc possible de conclure que les enfants du groupe expérimental ont progressé davantage que les enfants non entraînés au cours des deux années d'école maternelle. Il semblerait ainsi que l'entrainement ait eu des effets positifs sur la capacité d'inhibition des enfants.

Nous avons également obtenu une différence moyenne d'évolution en fonction des groupes et en faveur du groupe expérimental, pour l'épreuve de raisonnement visuo-spatial. Ce résultat n'était pas attendu. Néanmoins plusieurs hypothèses pourraient l'expliquer. Pour rappel, il s'agit d'une épreuve de matrice lacunaire à compléter, en choisissant entre 5 items. Les enfants du groupe expérimental ayant développé davantage leur compétence d'inhibition, et potentiellement l'attention visuelle, notamment par les activités sollicitant l'exploration et le balayage visuel (lecture de structures rythmiques, séquences de ronds de couleurs pour l'activité de décodage corporel) lors du second entraînement, il est possible que le renforcement de ces compétences ait pu jouer un rôle sur l'amélioration des performances du groupe expérimental à cette épreuve.

Ainsi, nous pouvons valider partiellement notre hypothèse selon laquelle l'entrainement psychomoteur axé sur les compétences temporelles développe certaines compétences en lien avec l'accès au langage écrit. En effet, nous observons une amélioration des compétences en conscience phonologique (significative pour les performances en identification de rimes, proche du seuil de significativité retenu pour les performances à l'épreuve de processus phonologiques). Toutefois, nos résultats ne vont pas dans le sens d'une amélioration significative des compétences en répétition de pseudo-mots alors que nous attendions également une amélioration quant à ces performances. Ces derniers restent consistants avec les résultats obtenus lors de notre étude corrélative précédente où aucun lien entre les scores en rythme et en répétition de pseudo-mots n'a été établi. Ces résultats divergents de nos hypothèses peuvent notamment être, en partie, expliqués par une faiblesse de la mémoire à court terme phonologique. En effet, les épreuves de répétitions de pseudo-mots font également appel à la mémoire à court terme phonologique comme l'expliquent Catale et al. (2007). Nos résultats peuvent donc être expliqués par une faiblesse de la mémoire à court terme chez les enfants de notre population. Toutefois, nous avons également mis en évidence des corrélations positives entre les variables RPM et IC. Nous avons mis en évidence que les enfants entraînés ont davantage développer leur performance en inhibition. Il aurait été

possible d'obtenir une meilleure évolution des compétences en répétition de pseudo-mots du fait de l'évolution significativement supérieure des compétences en inhibition des enfants entraînés. Ce n'est pas pourtant pas le cas. L'amélioration de l'inhibition n'était peut-être pas suffisante pour bénéficier le score en répétition de pseudo-mots.

Enfin, l'entraînement n'exerce pas d'effet significatif sur les compétences en reconnaissance de lettre et de mots, malgré une évolution positive plus importante des enfants du groupe expérimental en MSM et une moyenne supérieure en GSM. Si l'on considère qu'en maternelle, reconnaitre une lettre ou un mot fait appel à la mémoire visuelle, ce résultat s'explique. Toutefois, l'étude corrélative précédente avait mis en lien les compétences en prélecture avec le rythme, l'inhibition et la conscience phonologique par des corrélations positives. Nous aurions donc pu nous attendre à observer un effet positif de l'entrainement sur cette compétence, mais ce n'est pas le cas.

À l'hypothèse selon laquelle l'entrainement psychomoteur développerait certaines habiletés cognitives communes à l'accès au langage écrit, nous pouvons confirmer que les capacités d'inhibition se sont davantage développées chez les enfants du groupe expérimental comparativement au groupe contrôle. L'entraînement ne semble pas avoir eu d'effets sur la mémoire à court terme. Si les données ne sont pas concluantes avec la mémoire à court terme, il aurait peut-être fallu prendre en compte la mémoire de travail, mais celle-ci est plus difficilement évaluable chez de jeunes enfants, comme expliqué précédemment.

Les enfants du groupe expérimental présentent au CP des compétences statistiquement supérieures à celles des enfants du groupe contrôle en conscience phonologique, en décodage, et en nombre de mots lus correctement en une minute. De plus, ils commettent moins d'erreurs de lecture. Il semblerait que le développement significatif de la conscience phonologique et de l'inhibition en maternelle ait permis aux enfants entraînés d'entrer plus facilement dans l'apprentissage de la lecture.

5.3.7. Conclusion de l'étude n°3

À partir de notre protocole expérimental, nous avons mis en évidence qu'un entraînement psychomoteur axé sur le développement des compétences rythmiques développe les compétences en conscience phonologique des enfants en maternelle. De plus, les compétences en inhibition sont apparues comme plus développées après les deux séquences d'entraînement. Le renforcement du fonctionnement exécutif devrait avoir également exercé un effet positif sur le développement des compétences en conscience phonologique.

Aussi, proposer un entraînement rythmique aux enfants de maternelle faciliterait l'apprentissage de la lecture. Les répercussions potentielles sur la place des activités rythmiques en maternelle seront discutées en discussion générale.

6. Discussion et conclusions apportées par le premier dispositif expérimental

Notre premier dispositif expérimental nous a permis de confirmer un certain nombre de nos hypothèses de recherche. Les compétences temporelles, plus particulièrement le rythme, sont liées à la conscience phonologique et aux compétences en reconnaissance de mots en maternelle. Les compétences rythmiques en maternelle expliquent les performances obtenues en reconnaissance de lettres et de mots en GSM, mais également le nombre de mots correctement lus en une minute en fin de CP. Finalement, l'entraînement des compétences rythmiques a permis aux enfants du groupe expérimental de développer davantage leurs compétences en conscience phonologique en maternelle. Ces enfants obtiennent d'ailleurs au CP de meilleures performances en lecture de pseudo-mots et en nombre de mots lus correctement en une minute. Ils font également moins d'erreurs de décodage en lecture.

De plus, dans l'étude de la relation entre les compétences rythmiques et la conscience phonologique, nous avons pu établir que celle-ci n'est pas médiatisée par des compétences cognitives communes. Il existerait donc un lien direct entre les compétences rythmiques et la conscience phonologique que nous tenterons d'expliquer en discussion générale. Par contre, la

relation entre les compétences rythmiques et la reconnaissance de mots semble en partie médiatisée par les compétences en inhibition et en conscience phonologique.

Si nous avons donc pu confirmer l'hypothèse selon laquelle le rythme et la conscience phonologique sont des compétences dont les évolutions développementales sont en lien, il n'a pas été établi de lien entre le rythme et la répétition de pseudo-mots. La seule exception est la corrélation significative entre les scores obtenus aux épreuves de rythme auditivo-visuo-kinesthésique (soit l'épreuve de reproduction de séquences motrices) et de répétition de pseudo-mots en fin de MSM, lors de l'étude n°2 avec notre échantillon contrôle diminuer (n= 24). Cette corrélation est d'ailleurs négative. Cela ne valide pas totalement notre hypothèse initiale. L'une des explications possibles est que les compétences rythmiques sont essentiellement évaluées avec des tâches de nature motrice, et non auditive. Aussi, il aurait été plus pertinent de tester l'existence d'un éventuel lien entre rythme et répétition de pseudo-mots à partir d'une tâche de perception auditive de durées, ou de comparaison auditive de rythmes. En cohérence avec notre analyse corrélative, l'entrainement psychomoteur n'a pas permis de développer significativement les compétences en répétition de pseudo-mots.

En parallèle, nous avons mis en évidence que les compétences en contrôle de l'inhibition sont également en lien avec les compétences rythmiques. Elles sont également corrélées à la reconnaissance de lettres et de mots. Toutefois, dans notre première étude, les performances en contrôle de l'inhibition ne sont pas en relation avec les scores obtenus en conscience phonologique la même année. Toutefois, avec un échantillon réduit (n=24), nous avons mis en évidence que les capacités d'inhibition en fin de MSM sont en lien avec certaines compétences en conscience phonologique en GSM. Nous avons démontré par notre étude de corrélations partielles, que l'inhibition ne joue pas de rôle dans le lien qui unit le rythme et la conscience phonologique. En revanche, elle explique en partie le lien entre le rythme et les compétences en prélecture en maternelle (reconnaissance visuelle de lettres et de mots). De la même manière, le contrôle de l'inhibition, unique compétence mise en relation avec celles relevant de la répétition de pseudo-mots, prédit l'efficacité du décodage en lecture au CP (variable ELPM).

Le nombre de mot lus correctement en une minute au CP est prédit de manière relativement équivalente par la conscience phonologique et par le rythme en GSM. En MSM, c'est

l'épreuve de synchronisation au métronome qui apparaît comme le meilleur prédicteur de la variance en mot lus correctement en une minute au CP (versus l'inhibition).

Nous avons conforté la place du rythme dans l'accès au langage écrit, tout comme ses effets positifs sur l'acquisition de la lecture. D'après les différents résultats obtenus, l'inhibition n'est pas un facteur explicatif des relations existant entre la conscience phonologique et les compétences temporelles. Il nous parait en effet plus probable que le rythme et l'inhibition contribuent tous les deux et de façon relativement indépendante au développement des compétences en lien avec l'accès au langage écrit. Toutefois, l'inhibition semble précocement en lien avec les compétences en reconnaissance de lettres et de mots, ce que nous avons tenté d'expliquer par l'utilisation de stratégies de type logographique et/ou visuelle, nécessitant une certaine forme d'inhibition (pour distinguer des lettres visuellement ressemblantes par exemple). À contrario, le rythme et les compétences en prélecture ne sont liés entre eux qu'à la fin de la GSM par l'intermédiaire de la conscience phonologique et de l'inhibition.

Certaines limites méthodologiques existent dans notre protocole de recherche : le choix de certaines épreuves (notamment l'allégement des évaluations au CP), la perte de population expérimentale et sa réduction pour l'étude de régression, ou encore la non prise en compte de variables socio-économiques. En outre, comme nous l'avons expliqué au début de ce chapitre, le groupe expérimental a été constitué à partir des enfants d'une seule et même école. Toutefois, il faut signaler que les deux principales écoles inclues dans notre recherche sont géographiquement proches et accueillent des enfants provenant de familles aux catégories sociaux professionnelles équivalentes. Le choix des écoles, pour rappel, a été fait avec l'inspectrice de circonscription de Dreux 1, en poste en 2014-2015, assurant ainsi une certaine homogénéité du public accueilli par les écoles sélectionnées.

Malgré ses limites, nos résultats montrent que l'utilisation de la médiation rythmique peut constituer un atout pour le développement des compétences prérequises pour l'activité de lecture comme la conscience phonologique. De plus, au vu des liens établis entre l'inhibition et les compétences en lien avec l'apprentissage de la lecture, prendre en compte et développer

les fonctions exécutives apparaît pertinent pour assurer à l'apprenti-lecteur la réussite de cet apprentissage.

Au terme de ce chapitre, nous avons mis en évidence que le rythme permet de développer les compétences en conscience phonologique chez des enfants de maternelle. Nous allons exposer maintenant le second dispositif expérimental mis en place afin d'étudier l'effet d'un entrainement psychomoteur axé sur le développement des compétences temporelles chez des enfants dyslexiques.

Chapitre 7 : Second dispositif expérimental

En ce qui concerne l'étude du lien entre le rythme et les compétences en lecture des enfants dyslexiques, nous avons décidés d'étudier plus spécifiquement les effets d'un entrainement psychomoteur sur les performances en lecture et les compétences en lien avec l'accès au langage écrit, soit les compétences en conscience phonologique, en répétition de pseudo-mots, en mémoire (à court terme et de travail) et en inhibition.

1. Protocole expérimental

Si traditionnellement la comparaison entre un groupe expérimental et un groupe contrôle est un standard dans ce genre d'études, il apparaît comme le souligne Plaza et Raynaud (2007), que le profil de compétences cognitives des enfants dyslexiques sont très hétérogènes. Cet auteur met l'accent sur l'importance des études de cas, et sur la comparaison des dyslexiques à eux-mêmes dans le cadre d'une évolution longitudinale. C'est ce que proposent par exemple la seconde étude présentée dans l'article d'Habib et al. (2013), dont le protocole utilisé a été repris dans le cadre de ce travail de recherche. Nous avons ainsi mis en place un protocole longitudinal sur trois séquences de 10 semaines, ponctuées par quatre évaluations. Le protocole est schématisé dans la figure 38, ci-dessous.

La première évaluation nous a servi à situer le niveau des enfants dyslexiques au début du protocole. Dix semaines plus tard, une seconde évaluation a été faite. La comparaison des résultats obtenus entre ces deux évaluations nous permettra de comprendre l'évolution des performances des enfants dyslexiques sur une période témoin de 10 semaines sans intervention psychomotrice.

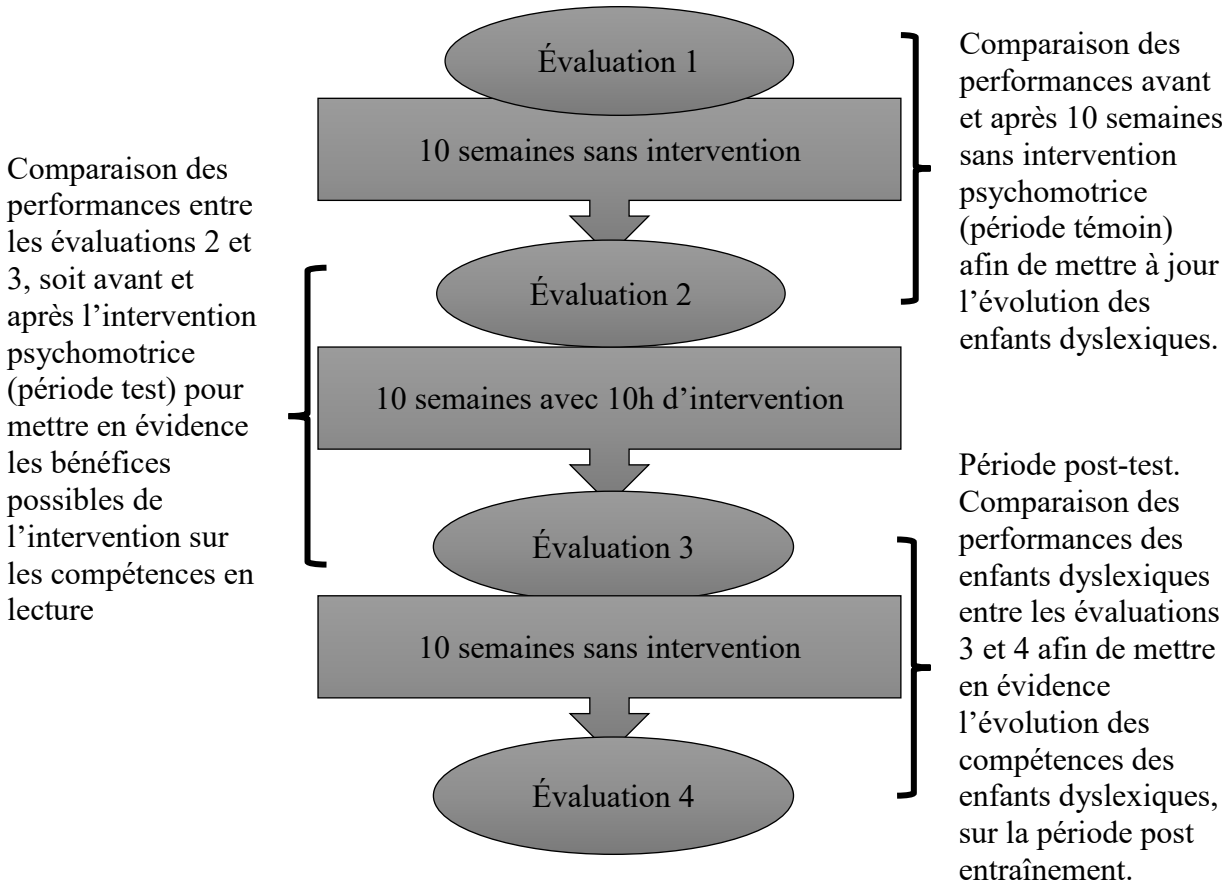


Figure 38 : Protocole du second dispositif expérimental.

Juste après la seconde évaluation, l'entraînement en psychomotricité, composé de 10 séances d'environ 1 heure, à raison d'une séance par semaine sur 10 semaines (soit 10 heures d'entraînement) a débuté. En comparant les différences de performances obtenues au début et à la fin de la période test, soit entre la 2nde et la 3ème évaluation, les éventuels bénéfices de l'intervention psychomotrice devraient pouvoir être mis à jour.

Après le second temps de latence de 10 semaines, soit la période post-test, la quatrième évaluation permet de vérifier le maintien ou la régression des éventuels acquis, voir l'apparition ultérieure de bénéfices, en comparant les résultats obtenus entre les évaluations 3 et 4 (période post-test).

Ce type de protocole expérimental peut effectivement questionner de par l'absence d'un groupe contrôle, voire d'un groupe placebo. Mais comme l'expliquent Habib et al. (2013),

apparier un groupe d'enfants dyslexiques à un groupe contrôle, notamment de manière randomisée, aurait été une démarche très couteuse en termes de recrutement et de sélection de la population. Nous n'étions pas en mesure d'effectuer de telles démarches. Par contre, la méthodologie utilisée, de par les évaluations 1 et 4, plus espacées de la période d'entrainement permet de réduire l'impact de l'absence d'un groupe contrôle. L'évolution des performances des enfants dyslexiques seront comparées avant et après une période sans intervention (comparaison évaluations 1 et 2 ; et 3 et 4), et avant et après une période avec entraînement. Cette méthodologie permettra ainsi de comprendre les effets de l'entraînement psychomoteur, et de mettre en évidence de possibles effets d'apprentissage. Comme dans l'étude d'Habib et al. (2013), le traitement statistique consistera en une comparaison de moyenne avec le test t de Student (voir page 48), ou un équivalent non paramétrique.

2. Recrutement de la population expérimentale

Le recrutement de la population du second dispositif expérimental a pu être effectué dans le cadre de mon activité professionnelle, institutionnelle et libérale.

Le projet de recherche a tout d'abord été soumis à la direction du Centre Médico Psycho-Pédagogique (CMPP) de Dreux, en Eure et Loir, qui accueille, en effet, un certain nombre d'enfants présentant un diagnostic de dyslexie développementale. La direction du CMPP de Dreux a soutenu mon travail de recherche, en acceptant de proposer aux enfants dyslexiques inscrits au CMPP de participer aux expérimentations et en incluant celles-ci dans leur parcours de soins. D'autre part, le réseau professionnel du cadre de mon activité libérale a permis le recrutement des derniers enfants dyslexiques.

Il semblait difficile d'obtenir un groupe d'enfants ayant tous un diagnostic établi tel que nous l'avons présenté au chapitre 4. Ainsi, il a été choisi de sélectionner, avec l'aide de collègues orthophonistes, les enfants dont le profil se rapprochait au plus près des critères de diagnostic officiel. Ainsi, ont été choisis des enfants en difficulté d'apprentissage de la lecture depuis plusieurs années et auxquels avait été administré récemment un bilan orthophonique normé attestant d'un niveau de lecture pathologique. Pour se rapprocher au maximum des critères de diagnostic, ces enfants ne devaient pas présenter de troubles psychologiques majeurs, de troubles sensoriels et cognitifs, ou de discontinuité significative dans leur parcours scolaire.

Ainsi, un panel de 10 enfants dyslexiques, 9 garçons et 1 fille, âgés de 9 à 13 ans (âge moyen 11 ans 3 mois) et scolarisé soit en classe ordinaire soit en section d'enseignement général et professionnel adapté (pour le niveau collège) a pu être recruté. Les parents de chaque enfant ont été reçus pour une présentation du travail mené, ainsi que pour la signature du consentement éclairé (annexe 20).

Le tableau suivant fournit les âges, les classes, le niveau de lecture (nombre de mots lus correctement en une minute – voir protocole d'évaluation section 3.1) et la référence à la norme du niveau de lecture pour chaque participant.

Tableau 28 : Données descriptives des participants dyslexiques.

Participants	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Age (ans)	11,6	10,1	12,10	11,11	11,5	11,1	9,11	13,1	9,7	11,1
Classe fréquentée	6è	CM2	5è	5è	CM2	6è	CM1	4è	CM1	6è
NMLC	59	50	90	80	55	35	39	110	39	47
Eloignement à la moyenne[2] (en ET)	-2,56	-2,8	-2,00	-2,31	-2,64	-3,31	-2,33	NE	-2,33	-2,90

En ce qui concerne le participant n°8, scolarisé en 4ème, nous ne disposons pas de valeur normée. Toutefois, le niveau de lecture moyen de ce participant se rapproche de la moyenne en lecture des enfants de CM1 (110 mots lus correctement par le participant contre 116 mots +/- 33 pour les enfants de CM1). De plus, sont résultats est en dessous du 15è percentile des enfants de 5ème, attestant, selon les auteurs du test, de difficultés importantes en lecture.
Les résultats obtenus à l'épreuve de lecture de texte confirment donc la nature pathologique des compétences en lecture des participants.

[2] Les données normatives de la BALE de Jacquier-Roux et al. (2010) s'arrêtant au niveau CM2, nous avons utilisé les données normatives de la batterie ELFE (Lequette, Pouget et Zorman, 2009) disponible sur www.cognisciences.com qui étalonne la même épreuve de lecture que la BALE, mais jusqu'au niveau 5ème.

3. Mesures effectuées

L'évaluation des enfants dyslexiques, à la vue de leur âge chronologique, ne pouvait se faire avec le même matériel que celui utilisé pour les enfants de maternelle. Ainsi, la Batterie Analytique du Langage Ecrit (BALE) de Jacquier-Roux, Lequette, Pouget, Valdois et Zorman (2010) a été choisie pour évaluer les compétences en lecture, la métaphonologie, la mémoire à court terme et la mémoire de travail phonologique (épreuve de répétition de chiffres à l'endroit et en ordre inverse). Les compétences rythmiques ont été évaluées à l'aide de la NEPSY 1 (Korkman et al., 1997) et de la NPMOT (Vaivre-Douret, 2006b) et d'inhibition (batterie EDA, Billard et al, 2012) sont également évaluées. Nous allons maintenant expliciter l'ensemble des tests utilisés pour l'évaluation de notre population expérimentale (annexe 21).

3.1. Compétences en lecture

La fluence en lecture est mesurée à l'aide de **l'épreuve de lecture du texte** « Monsieur Petit », où le **nombre de mots lus en 1 minute** (mesure « NML »), et le **nombre d'erreurs** (variable « E ») sont comptabilisés. Le **nombre de mots lus correctement en une minute** (variable « NMLC ») est alors calculé selon la formule NMLC = NML – E.

Une épreuve de lecture de mots est également administrée. Chaque enfant est amené à lire trois colonnes constituées chacune de 20 mots. La première comprend des **mots irréguliers** (variable « MI »), la seconde des mots **réguliers** (variable « MR »), et la troisième de **non mots** (variable « NM »). Le nombre de mots (réguliers/irréguliers/non mots) lus correctement est donc comptabilisé (note maximale de 20 points par colonne), et les temps de lecture par colonne sont retenus (respectivement les variables « TMI », « TMR », « TNM »).

Finalement une dernière épreuve de lecture est proposée. Il s'agit d'une épreuve de **lecture phonologique** (variable « LP »), mesurant plus spécifiquement le décodage en lecture et donc l'application du principe alphabétique. Il est demandé aux enfants de lire trois syllabes, écrites différemment, mais dont deux d'entre elles se prononcent de la même manière en appliquant les règles de correspondance du principe alphabétique. L'enfant doit alors identifier la syllabe intruse, c'est-à-dire celle qui se lit différemment. Le score de bonne réponse (maximum 15 points) et le temps pour réaliser l'épreuve (variable « TLP ») sont repérés.

3.2. Evaluation de la conscience phonologique

Différentes épreuves de conscience phonologique ont été utilisées, permettant une évaluation à différents niveaux.

Dans l'épreuve de **rimes** (variable « R »), les enfants doivent indiquer si les deux mots présentés par l'évaluateur riment ou pas. Le nombre de bonnes réponses est comptabilisé (maximum 16 points).

Dans l'épreuve de **suppression syllabique** (variable « SS »), les enfants sont invités à répéter un mot cible, en supprimant, à la demande de l'examinateur la première, deuxième ou dernière syllabe. Le nombre de bonnes réponses constitue le score (maximum : 12 points)

Une épreuve de **suppression du phonème initial** (variable « SPI ») et **final** (variable « SPF ») a également été administrée et les temps de réalisation ont également été pris en compte (respectivement les variables « TSPI » et « TSPF »). Au cours de cette épreuve, l'évaluateur propose un mot cible et les enfants sont amenés à le répéter en enlevant tout d'abord le premier phonème, puis le dernier (10 points maximum par subtest).

Une dernière épreuve de conscience phonologique est celle de **fusion phonémique** (variable « FP », dans laquelle l'enfant utilise les premiers phonèmes de deux mots cibles donnés par l'examinateur pour former une syllabe (par exemple, avec les mots cibles : « bonne » et « année » ➔ /b/ + /a/ = /ba/). Le nombre de bonnes réponses a été comptabilisé (maximum 10 points). La durée d'administration de cette épreuve est également prise en compte (variable « TFP »)

3.3. Epreuve de répétition verbale

Afin d'évaluer la boucle audio-phonatoire, nous avons sélectionné, parmi les trois épreuves de répétions de la BALE (Jacquier-Roux et al., 2010) l'épreuve de **répétition de non mots** (variable « RNM »). Pour chaque non mot correctement répété, un point été accordé (20 points maximum). Pour chaque épreuve, le nombre de répétitions correctes est relevé.

3.4. Evaluation des compétences rythmiques

Pour évaluer les compétences rythmiques, l'épreuve **des séquences motrices manuelles** de la NEPSY 1 (Korkmann et al., 1997) a été retenue pour se substituer à l'épreuve d'adaptation au rythme visuo-auditivo-kinesthésique de la batterie NP MOT (Vaivre-Douret, 2006), qui n'est pas adaptée à l'âge des enfants dans le cadre de ce protocole. Il s'agit, en réalité d'épreuves analogues, l'épreuve de la NEPSY ne mettant en jeu, néanmoins, que des séquences de mouvements manuels (claque, poing sur la table, paume sur la table). Le nombre de séquences correctement reproduites est relevé, pour un maximum de 60 points (variable « RAVK »).

L'épreuve de rythme-auditivo-kinesthésique, soit l'épreuve **de synchronisation motrice** (variable « SM ») a été conservée car elle reste adaptée à l'âge des enfants dyslexiques (note maximale 12 points).

3.5. Evaluation de la mémoire à court-terme, de travail et de l'inhibition

La **mémoire à court-terme** (variable « MCT ») et **la mémoire de travail** (variable « MDT ») sont mesurées à l'aide de l'épreuve de répétition de chiffres de la BALE (Jacquier-Rous et al., 2010). Il s'agit d'une épreuve de répétition de chiffres en ordre direct, puis en ordre indirect. L'empan, pour chaque subtest, est relevé (score maximal de 7 points par subtests).

L'évaluation de **l'inhibition** s'est faite avec la même épreuve utilisée pour le premier dispositif expérimental, c'est-à-dire avec les subtests contrôle (mesure « ICt ») et conflit (mesure « ICf ») de l'épreuve d'inhibition de la batterie EDA (Billard et Touzin, 2012). Les temps de réalisation des deux subtests (respectivement les mesures « TICt » et TCflt) ont également été pris en compte. De la même manière que précédemment (chapitre 6), nous créons une variable contrôle de l'inhibition (variable « **CI** ») à partir des mesures effectuées.

Les tests présentés ci-dessus ont été administrés au cours des quatre évaluations, sans modification de protocole. Le tableau 28, ci-dessous, récapitule les variables prises en compte dans le cadre de notre étude avec les enfants dyslexiques.

Tableau 29 : Mesures effectuées chez les enfants dyslexiques.

Compétences évaluées	Épreuves utilisées (et type de score)	Variables
Rythme	• Séquences motrices manuelles (exactitude) • Synchronisation au métronome (temps convertit en points)	• RAVK • SM
Lecture	Lecture d'un texte: • Nombre de mots lus correctement Lecture de mots peu fréquents (exactitude et temps); • irréguliers, • réguliers, • non mots Lecture phonologique (exactitude et temps)	• NMLC • MI et TMI • MR et TMR • NM et TNM • LP et TLP
Répétition	• Répétition de logatomes	• RL
Conscience phonologique	• Identification de rimes • Suppression syllabique (exactitude) • Suppression du phonème initiale et final (exactitude et temps) • Fusion phonémique (exactitude et temps)	• R • SS • SPI et TSPI / SPF et TSPF • FP et TFP
Mémoire de travail	• Répétition de chiffre à l'endroit (empan) • Répétition de chiffres à l'envers (empan)	• MCT • MDT
Inhibition	• Note globale en contrôle de l'inhibition	• CI

4. L’entrainement proposé

4.1. Les activités

Les activités proposées pour le groupe d’enfants dyslexiques restent sensiblement identiques à celles proposées aux enfants de maternelle dans leur objectif, mais plus adaptées aux âges des participants. Ces activités peuvent être classées en trois catégories :

- Les activités liées à la perception du temps :
  - → *Le chronomètre.* Cette activité est empruntée à la méthode Mélodys (Habib et al., 2014) et consiste à compter en même temps qu’un chronomètre jusqu’à 59. Sont travaillés ici la perception des durées, du tempo et l’ordre temporel.
  - → *Bruit et silence.* L’enfant est amené à frapper sur la table avec un crayon puis à faire le silence pendant un laps de temps déterminé par l’intervenant. L’enfant juge ensuite s’il a passé plus de temps à faire du bruit ou à faire du silence, afin de travailler la perception des durées ;
  - → *Comparaison de structures rythmiques.* L’intervenant frappe deux structures rythmiques, l’enfant juge si elles sont similaires ou non. La perception auditive de rythmes est donc particulièrement sollicitée. Des exemples de structures rythmiques à comparer sont donnés dans la figure 39.

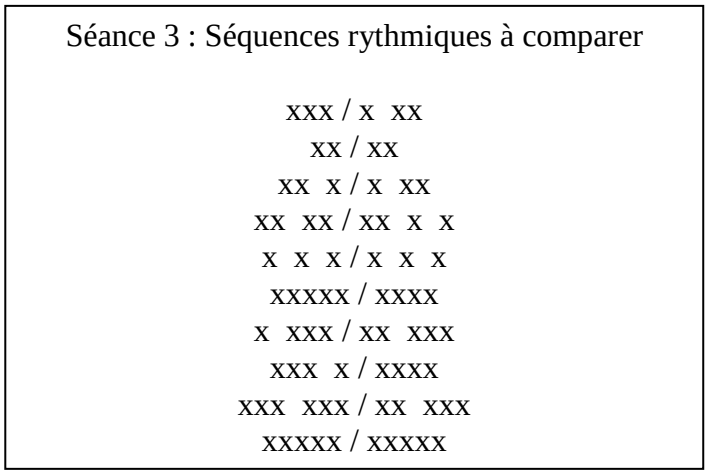


Figure 39 : Activité de comparaison de séquences rythmiques utilisées lors de la 3ème séance d’intervention.

- Les activités liées à la production de rythme :
  - → *Reproduction de structures rythmiques* (figure 40). Cette activité peut être proposée de manière strictement auditive (le participant ne voit pas l'intervenant frapper le rythme), avec contact visuel, ou sous un mode kinesthésique (par exemple, rythme frappé sur l'épaule).
  - → *Reproduction de rythme avec temps fort*. Il s'agit ici de reproduire un rythme régulier simple avec un accent (exemple : rythme binaire à 2 temps (1 – 2, 1 – 2, …) frappé O o, O o, O o, …)
  - → *Cup song*. Il s'agit de l'apprentissage du refrain d'une cup song, c'est-à-dire une chanson mélodique rythmique réalisée à l'aide de la manipulation d'un gobelet et de battements de mains. Le rythme y est travaillé, mais également la coordination temporelle des mouvements.

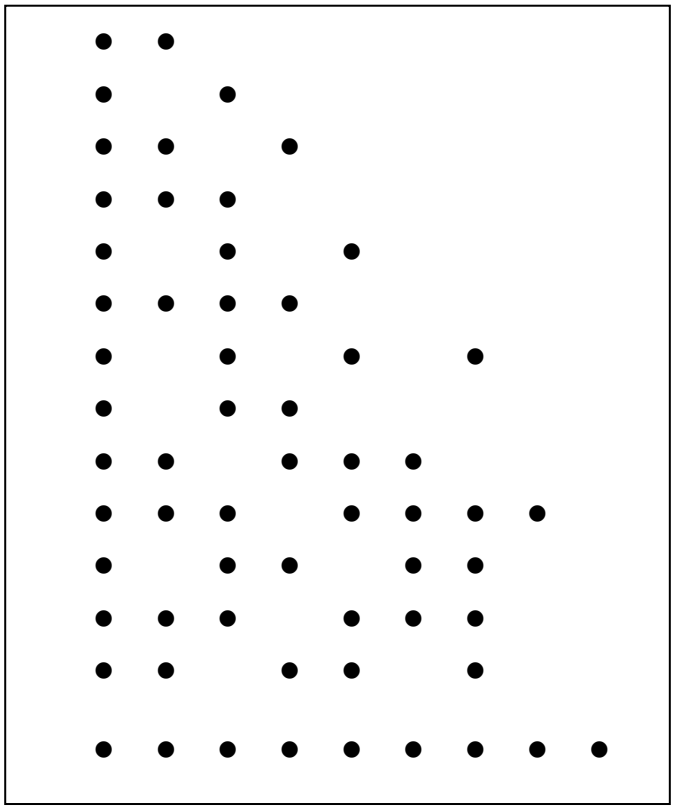


Figure 40 : Exemple de structures rythmiques à reproduire pour l'activité « Reproduction de structures rythmiques. Les points symbolisent les frappes et les espaces blancs correspondent à des silences.

- Activités liées au codage/décodage rythmique

Ces activités ont pour but de travailler les compétences rythmiques sous un mode plus symbolique. Les productions rythmiques sont alors produites à partir d'un code.

→ *Le code morse* : il s'agit également d'une activité empruntée à la méthode « Mélodys ». Grace à l'utilisation d'un code, où chaque lettre est associée à une structure rythmique (frappe ou silence), l'enfant est amené à écrire différents mots.

→ *Lecture de structures rythmiques* : les enfants sont invités à lire une série de structures rythmiques écrites. Les mêmes planches que pour l'activité de reproduction de structures rythmiques sont utilisées.

→ *Dictée de structures rythmiques* : les dyslexiques sont invités à écrire symboliquement un rythme entendu auditivement,

→ *Identification de structures rythmiques* : l'intervenant frappe une structure, l'enfant doit montrer la structure correspondante, parmi plusieurs structures écrites,

→ *Localisation du temps fort* : à partir d'un modèle écrit, les enfants doivent localiser le temps fort d'une structure rythmique frappée par l'intervenant.

→ *Initiation au clavier* : il s'agit ici de se familiariser avec les bases de l'écriture musicale et rythmique. Les enfants sont amenés à apprendre les comptines « Ah vous dirai-je maman » et « Au clair de la lune ».

→ *Décodage corporel* (figure 38): les enfants sont invités à déchiffrer des séquences de gestes écrites symboliquement à l'aide de formes géométriques. Un exemple est donné ci-dessous.

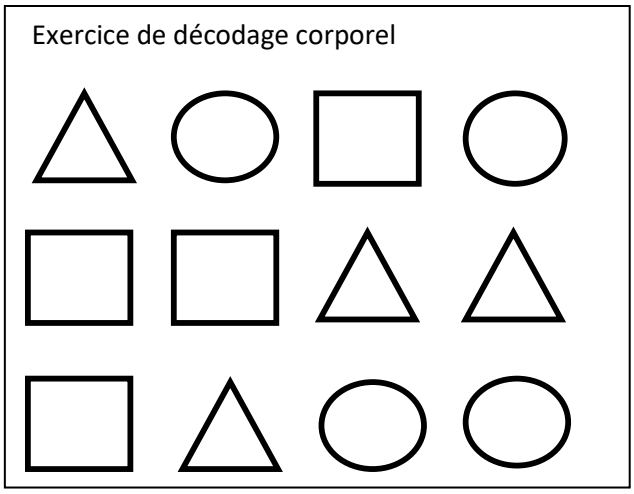


Figure 41 : Exercice de décodage : les enfants doivent "lire" les suites de formes géométriques qui correspondent à un mouvement à produire (rond = sauter, triangle= tourner, carré= taper des mains).

Ces différentes activités ne sont pas toutes administrées lors de chaque séance, afin d'éviter une certaine routine. Seules certaines d'entre elles, jugées comme fondamentales ou plus difficiles et nécessitant un entrainement plus soutenu, le sont (chronomètre, reproduction et lecture de structures rythmiques, code morse, apprentissage de comptines, *cup song*). Le tableau 30 montre la répartition des activités en fonction des séances.

Les enfants dyslexiques ont ainsi bénéficié de 10 séances d'une heure en individuel, soit un entraînement total de 10 heures.

Tableau 30 : Activités proposées durant les dix séances d'entrainement.

	Séance									
ACTIVITES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Chronomètre	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bruit/Silence	■	■	■	■	■					
Code morse	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Décodage	■	■	■			■	■	■		■
Lecture de structures rythmiques	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dictée de Structures rythmiques			■		■		■		■	
Identification de structures rythmiques		■		■		■		■		■
Localisation du temps fort						■		■		■
Apprentissage de comptines au clavier	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Reproduction de structures rythmiques	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Comparaison de Structures rythmiques		■		■			■		■	■
Reproduction de rythme avec temps fort	■		■		■					
Cup song	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

4.2. Effets attendus de l'entrainement rythmique sur les compétences des enfants dyslexiques

Le développement des compétences temporelles et rythmiques permettrait, chez les enfants dyslexiques de développer tout d'abord les compétences en traitement du langage oral et en conscience phonologique. En conséquence, le décodage en lecture devrait être amélioré.

En parallèle, au vu des relations existantes entre les compétences temporelles, la mémoire et les fonctions exécutives, l'entrainement psychomoteur devrait avoir un effet positif sur celles-ci. Les compétences en décodage lecture devrait en être davantage améliorées, en effet, nous avons déjà mis en avant dans les chapitres 1 et 4 que les compétences exécutives sont importantes dans le développement des compétences en lecture et que la dyslexie est également accompagnée d'un syndrome dysexécutif majorant les difficultés en lecture.

Pour résumer, l'intervention psychomotrice axée sur le développement des compétences temporelles devrait ainsi avoir des bénéfices sur l'ensemble des symptômes des enfants dyslexiques à savoir :

- Les compétences phonologique et métaphonologique,
- Le décodage en lecture,
- La mémoire à court terme phonologique et les fonctions exécutives.

5. Résultats

5.1. Traitements des données

Les données ont été traitées statistiquement à l'aide du logiciel statistique SPSS 21, en utilisant des tests paramétriques ou non paramétriques en fonction du type de distribution des variables. Les illustrations ont été faites à l'aide du logiciel Microsoft Excel. L'annexe 22 présente les résultats bruts obtenus par chaque enfant, pour chaque évaluation. L'annexe 23 présente les statistiques descriptives de l'ensemble des variables et l'annexe 24 présente les tests de normalité.

5.2. Etude des effets d'un entrainement temporel sur les compétences des enfants dyslexiques

Nous allons utiliser le même procédé qu'Habib et al (2013) pour analyser les résultats obtenus aux différents temps d'évaluation, c'est-à-dire pour comparer les résultats moyens des enfants aux différents tests comme s'il s'agissait de groupes d'enfants distincts. En comparant les différents résultats moyens obtenus par les enfants dyslexiques entre les temps d'évaluation 1 et 2, 2 et 3, puis 3 et 4, ils pourront être décrits en termes d'évolution des compétences durant les trois périodes du protocole (période témoin, période test, période post-test). Les annexes 25, 26 et 27 présentent les résultats aux différents tests de différences de moyennes, concernant respectivement les périodes témoin, test et post-test.

5.2.1. Résultats

5.2.1.1. Evolution des compétences rythmiques

Les moyennes et écarts-types des résultats obtenus lors des épreuves de rythmes (épreuve de reproduction de séquences motrices manuelles et de synchronisation au métronome) sont présentés ci-dessous (tableau 30).

Tableau 31 : Moyennes et écarts-types obtenus aux épreuves de rythme aux différents temps d'évaluation (RAVK: épreuves de reproduction de séquences motrices manuelles ; SM : synchronisation au métronome).

	Temps d'évaluation n°1		Temps d'évaluation n°2		Temps d'évaluation n°3		Temps d'évaluation n°4	
Variables	**Moy**	**ET**	**Moy**	**ET**	**Moy**	**ET**	**Moy**	**ET**
RAVK	36,80	5,30	37,50	4,22	48,00	6,30	46,10	6,24
SM	5,80	1,61	5,80	1,03	8,50	0,84	8,10	0,87

Période témoin : On observe à travers l'étude de ce tableau qu'il existe une très faible augmentation des performances moyennes (pour la variable SMM) et une stagnation des résultats (pour la variable RAK) entre les évaluations 2 et 3. Cette variation n'est pas statistiquement significative (voir figure 42). Pour les deux variables, au test t de Student, nous acceptons l'homogénéité des variances, et l'égalité des moyennes. Ainsi pendant ce premier temps, les compétences rythmiques des enfants de notre population n'ont pas évolué.

Période test : l'écart obtenu entre les performances moyennes aux épreuves de rythme entre les évaluations 3 et 4 est plus important, surtout pour la variable RAVK. Il faut maintenant déterminer si les différences de moyennes obtenues sont statistiquement significatives ou non. Au test t de Student, nous acceptons l'homogénéité des variances et les différences de moyennes pour RAVK (t=-4,375, p<0,001) et SM (t=-6,384, p<0,001). Les compétences rythmiques des enfants dyslexiques, aux deux épreuves, se sont donc significativement améliorées.

Période post-test : à la dernière évaluation (évaluation 4), il est possible d'observer une légère diminution des moyennes obtenues, en comparaison avec les résultats obtenus à la fin de l'entraînement (évaluation 3). Toutefois, ces différences ne sont pas statistiquement significatives. Pour RAVK, le test t admet l'égalité des moyennes (p=0,507), tout comme le test U de Mann Whitney pour la variable SM (p=0,280). Cela montre que les bénéfices de l'entraînement se sont maintenus, jusqu'à 10 semaines après l'arrêt de celui-ci.

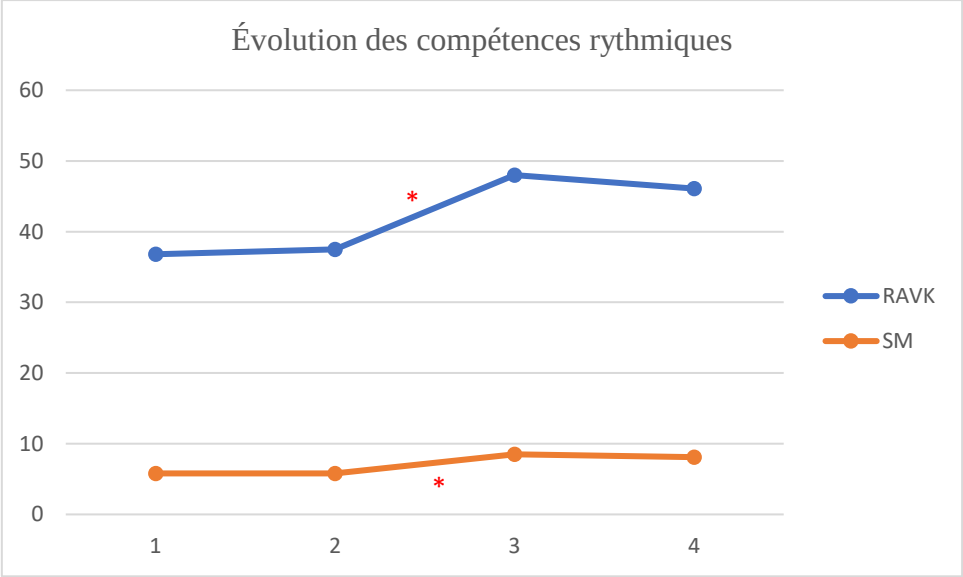


Figure 42 : Graphique présentant les résultats obtenus aux épreuves rythmiques (: différence significative).*

Ainsi, les résultats obtenus indiquent que l'entrainement psychomoteur proposé est bien en adéquation avec son premier objectif, c'est-à-dire stimuler les compétences temporelles et rythmiques des enfants dyslexiques.

5.2.1.2. Evolution des performances en lecture

Les moyennes et écarts-types des résultats obtenus lors des différentes épreuves de lecture (épreuve de lecture de texte, épreuves de lecture de mots irréguliers, réguliers et non mots, épreuve de lecture phonologique) sont présentés ci-dessous dans le tableau 31.

5.2.1.2.1. Evolution de la fluence en lecture (NMLC)

Période témoin : le nombre de mots lus correctement en une minute ne varie pas sensiblement entre les deux premières évaluations (moyenne de 60,40 à 61,80 mots lus correctement en une minute). Le test t de Student confirme la non différence significatives des moyennes.

Période test : entre les temps d'évaluation 2 et 3, 23 mots supplémentaires sont, en moyenne, lus par les enfants dyslexiques. Si cette augmentation paraît importante, le test t de Student ne confirme pas une différence de moyenne significative (p=0,113).

Période post-test : on observe une légère augmentation du nombre moyen de mots lus, mais qui est non significative au test U de Mann Whtney (p=0,796).

En ce sens, la fluence en lecture a davantage évolué après l'intervention en psychomotricité, mais cette évolution n'est pas statistiquement significative.

Tableau 32: Moyennes et écarts-types obtenus aux épreuves de lecture aux différents temps d'évaluation.

	Temps d'évaluation n°1		Temps d'évaluation n°2		Temps d'évaluation n°3		Temps d'évaluation n°4	
Variables	**Moy**	**ET**	**Moy**	**ET**	**Moy**	**ET**	**Moy**	**ET**
	Epreuve de lecture de texte							
NMLC	60,40	24,94	61,80	26,59	84,80	34,57	85,30	37,07
	Epreuve de lecture de mots							
MI	7,60	4,14	8,10	4,04	11,70	3,97	11,50	4,55
TMI	57,30	29,30	64,10	37,95	51,10	31,41	53,60	31,88
MR	12,70	3,19	13,00	2,70	16,40	1,89	16,20	2,29
TMR	45,50	23,95	52,80	29,55	51,20	32,96	50,10	31,49
NM	10,20	3,19	10,00	2,94	13,60	3,09	13,10	2,88
TNM	56,60	26,31	61,90	35,51	55,90	39,59	57,50	38,13
	Epreuve de lecture phonologique							
LP	6,00	1,56	5,70	1,56	8,70	1,49	8,90	1,28
TLP	153,10	43,11	149,00	41,64	130,10	45,96	126,10	29,21

5.2.1.2.2. Evolution des résultats en lecture de mots

Période témoin : Pour les épreuves de lecture de mots, d'une manière générale, l'exactitude des réponses (variables MI, MR et NM) augmente légèrement ou stagne. Au test t, aucune de ces variations n'est statistiquement significative. En ce qui concerne les temps de réalisation, ils ont tendance à augmenter légèrement, mais encore une fois, sans atteindre un seuil significatif. Les compétences en lecture sont donc stables durant la période témoin, soit entre les évaluations 1 et 2.

Période test : en ce qui concerne l'exactitude de lecture, on observe que le nombre de mots irréguliers (MI), réguliers (MR) et de non mots (NM) lus correctement à tendance à augmenter (voir tableau 32). Pour ces trois variables, l'homogénéité des variances est acceptée par le test de Levene. Le test t de Student admet deux différences statistiquement significatives, plus précisément pour la lecture de mots réguliers (t=-3,252 ; p=0,003) et la lecture de non-mots (t=-2,662 ; p=0,016). La différence de moyenne concernant l'exactitude de réponse des mots irréguliers n'est que tendancielle (t=-2,009 ; p=0,060).

Tableau 33 : Evolution du score en lecture de mots irréguliers, réguliers et non mots (: résultats significatifs)*

Variables	**Différence de résultats entre :**		
	T1 – T2	T2 – T3	T3 – T4
Mots irréguliers	+0,50	+3,6	-0,20
Mots réguliers	+,0,30	+3,40*	-0,20
Non mots	-0,20	+3,60*	-0,50

En ce qui concerne les temps de lecture, même s'il paraît exister une tendance à la baisse, celle-ci n'apparait pas comme statistiquement significative au test U de Mann Whitney, certainement à cause des larges écarts-types associés à chaque moyenne.

Entre les évaluations 2 et 3, il existe donc une progression significative de l'exactitude en lecture de mots réguliers et irréguliers

Période post-test : à la lecture du tableau, les scores en exactitude de réponse en lecture de mots irréguliers, réguliers et de non mots semblent stables entre les évaluations 3 et 4. Effectivement, au test t de Student, il n'existe pas de différence significative entre les différentes moyennes. Les mêmes observations peuvent être faites concernant les temps de lecture, qui apparaissent comme statistiquement homogènes entre les deux évaluations au test U de Mann Whitney. Ainsi, les progrès obtenus lors de la période test se sont maintenus 10 semaines plus tard.

5.2.1.2.3. Epreuve de lecture phonologique

Période témoin : au test t de Student, les moyennes obtenues aux évaluations n°1 et 2 pour l'épreuve de lecture phonologique (exactitude et temps de lecture) sont statistiquement homogènes.

Période test : il est possible d'observer une augmentation du nombre de bonne réponses données à l'épreuve de lecture phonologique (+ 3 points en moyenne). Cette différence de moyenne, entre les évaluations 2 et 3 est statistiquement significative au test t de Student ($t=-4{,}381$; $p<0{,}001$). Il en va de même pour le temps de lecture qui a tendance à diminuer de l'évaluation 2 à l'évaluation 3. Cette différence n'est pourtant pas statistiquement significative au test U de Mann Whithney ($p=0{,}165$), montrant que seule l'exactitude du décodage en lecture phonologique s'est améliorée après l'entraînement (voir figure 43).

Période post-test : les résultats à l'épreuve de lecture phonologique, tant en exactitude qu'en temps de lecture, semblent se maintenir stables entre les évaluations 3 et 4. Les tests t de

Student et U de Mann Whitney confirment l'égalité des moyennes respectivement pour l'exactitude et le temps.

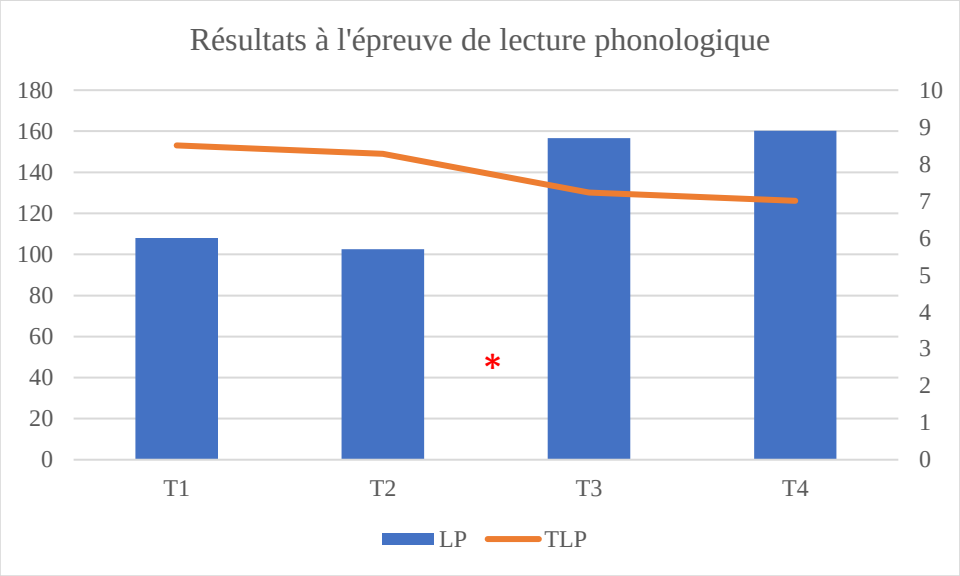


Figure 43 : Résultats obtenus à l'épreuve de lecture phonologique (: différence significative).*

Ainsi, en ce qui concerne les épreuves de lecture, les résultats semblent aller dans le sens de nos hypothèses. Après l'entrainement aux aptitudes temporelles et rythmiques, le niveau de lecture d'une manière générale n'a pas augmenté significativement (épreuve de lecture de texte), mais les enfants dyslexiques ont montré plus de facilités, et ce de manière significative, en lecture de mots réguliers, de non-mots et en lecture phonologique (exactitude des réponses). Les résultats obtenus à ces différentes épreuves, qui mettent en jeu l'identification des mots par la voie d'assemblage, montrent que celle-ci est plus performante après l'entrainement psychomoteur.

5.2.1.3. Evolution des performances en répétition de non mots

La figure ci-dessous (figure 44) présente l'évolution des résultats moyens en répétition de logatomes (RL).

Période témoin : les résultats en répétition de non mots sont stables, n'entrainant pas de différences significatives au U de Mann Whitney (variable RL)

Période test : On observe une tendance relativement globale à l'augmentation des performances entre les évaluations 2 et 3. Effectivement, les performances en répétition de non mots augmentent significativement après l'entrainement psychomoteur. En effet, l'homogénéité des variances est acceptée, et le test t de Student montre une différence de moyenne significative ($t=-6,021$; $p<0,001$).

Période post-test : Les différences de résultats entre les temps n°3 et 4 n'étant pas significatives au test t de Student, on peut estimer que les bénéfices ont perduré au moins durant les 10 semaines postérieures à l'intervention.

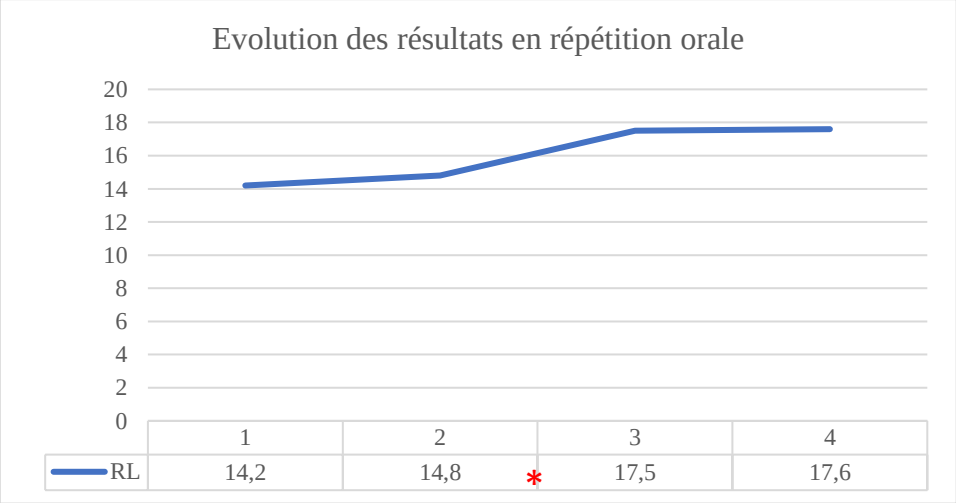


Figure 44 : Résultats à l'épreuve de répétition de non mots.

5.2.1.4. Evolution des compétences en conscience phonologique

5.2.1.4.1. Epreuve d'identification de rimes

La figure 45 indique l'évolution des performances des dyslexiques pour l'épreuve d'identification de rimes.

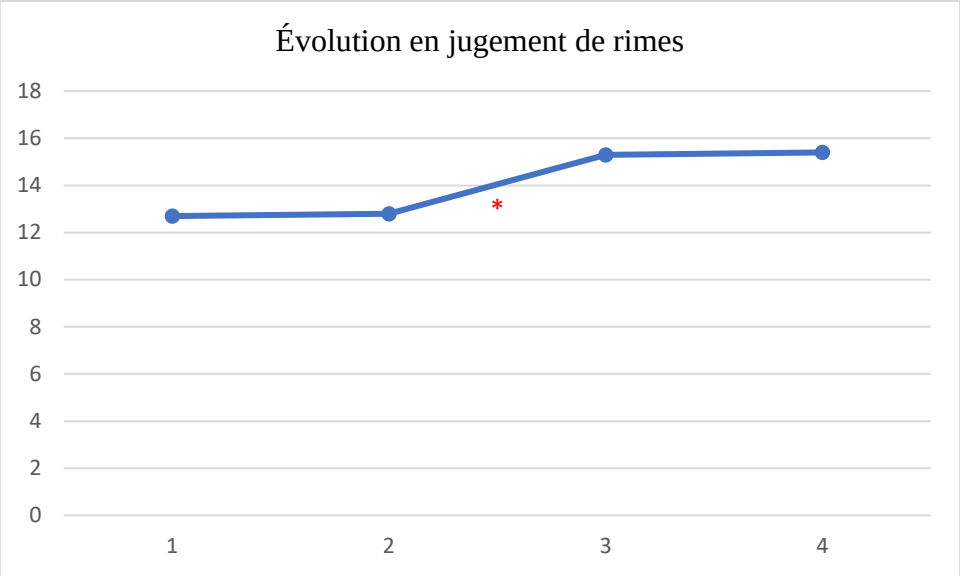


Figure 45 : Evolution des performances en reconnaissance de rimes (: différence significative).*

Période témoin : durant la période témoin, les compétences en identification de rimes des enfants n'ont pas évoluées, les résultats obtenus aux évaluations 1 et 2 n'étant pas statistiquement et significativement divergents (p=0,739 au test U de Mann Whitney).

Période test : On observe une augmentation des résultats très prononcée entre le 2ème et le 3ème temps d'évaluation, soit lors des évaluations pré et post-intervention. Cette augmentation est statistiquement significative (p<0,001 au test U de Mann Whitney). Les dyslexiques ont plus de facilités à reconnaitre des rimes après l'intervention rythmique.

Période post-test : les résultats se sont stabilisés entre les évaluations 3 et 4, et ne sont pas statistiquement différents. Les progrès obtenus se sont donc stabilisés dans le temps.

5.2.1.4.2. Epreuve de suppression syllabique

En ce qui concerne l'épreuve de suppression syllabique (SS), les mêmes constatations sont faites que pour l'épreuve précédente (figure 46). Le graphique ci-dessous illustre les résultats.

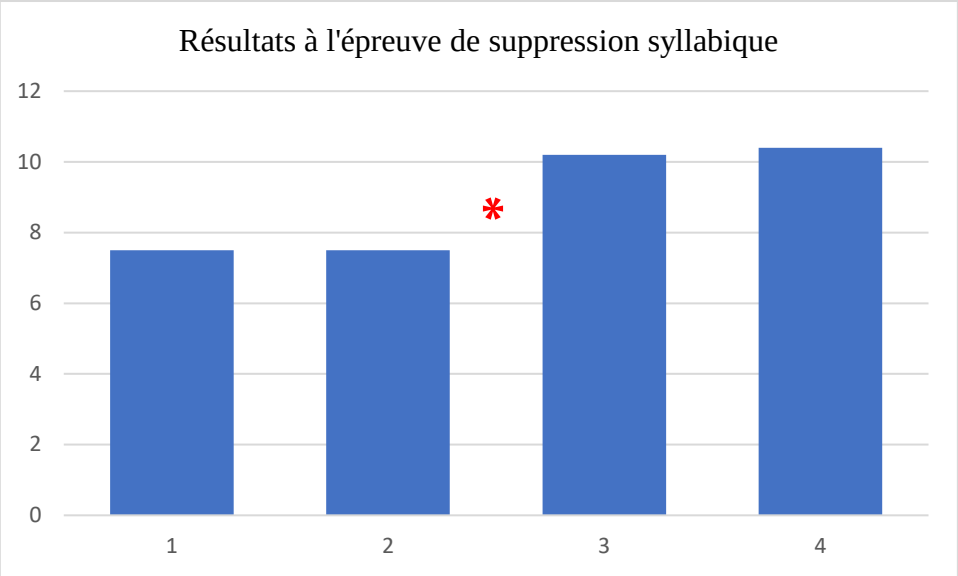


Figure 46 : Résultats à l'épreuve de suppression syllabique (: différence significative).*

Période témoin : les résultats moyens obtenus par les enfants dyslexiques aux évaluations 1 et 2 sont identiques pour cette épreuve. Aucune évolution n'est donc notée (p=0,853 au test U de Mann Whitney).

Période test : une augmentation statistiquement significative est repérée entre les résultats moyens obtenus aux évaluations 2 et 3. Les dyslexiques ont mieux réussi cette épreuve après l'entrainement (p< .001 au test U de Mann Whitney).

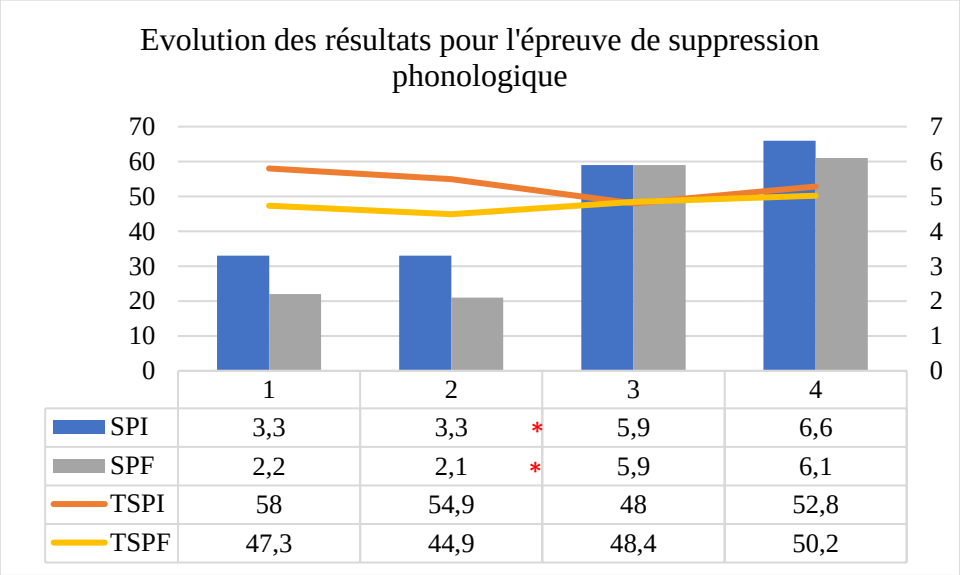
Période post-test : les résultats moyens obtenus sont quasi identiques. L'égalité des moyennes est mise en évidence par le test t de Student. Aucune évolution n'est donc notée sur la période, attestant du maintien des progrès.

5.2.1.4.3. Epreuves liées à la conscience phonémique

Nous considérerons l'ensemble des épreuves mettent en jeu la conscience phonémique, à savoir les subtests de suppression phonémique (figure 47) et l'épreuve de fusion phonémique (figure 48).

Période témoin : Pour les épreuves de conscience phonémique, aucune différence significative n'apparait entre les résultats moyens de l'évaluation 1 et 2 aux épreuves de suppression phonémique (exactitude des réponses et temps, pour les phonèmes initiaux ou finaux) et de fusion phonémique (exactitude et temps de réponse).

Période test : En ce qui concerne l'épreuve de suppression phonémique, on observe une augmentation statistiquement significative de l'exactitude des réponses pour les deux subtests (initiale et finale). En ce qui concerne SPI, l'homogénéité des variances est admise, le test t est significatif (t=-4,430 ; p<0,001). Pour SPF, le test U de Mann Whitney est significatif (p=0,004). Néanmoins, les vitesses de réalisation des épreuves ne divergent pas significativement sur cette période (U de Mann Whitney), malgré une tendance à la baisse pour la variable TSPI, et une tendance à l'augmentation pour TSPF.



	1	2		3	4
SPI	3,3	3,3	*	5,9	6,6
SPF	2,2	2,1	*	5,9	6,1
TSPI	58	54,9		48	52,8
TSPF	47,3	44,9		48,4	50,2

Figure 47 : Scores obtenus aux épreuves de suppression du phonèmes initiales (SPI) et final (SPF) et durée des épreuves (respectivement TSPI et TSPF) en fonction des temps d'évaluation (: différence significative).*

Pour l'épreuve de fusion phonémique, il est observé une évolution statistiquement significative des performances après l'entrainement psychomoteur, en termes de nombre de bonnes réponses (p=0,029 au test U de Mann Whitney). Si l'on remarque une légère tendance à la diminution du temps nécessaire à l'épreuve, celle-ci n'est pas statistiquement significative (voir figure 52).

Période post-test : les résultats ne divergent pas statistiquement entre les évaluations 3 et 4, pour aucune des variables liées à la conscience phonémique. En ce sens, au vu des résultats obtenus, il est possible de mettre en avant, d'une manière générale une augmentation des scores obtenus en conscience phonémique après l'entrainement proposé, tout comme le maintien de ces compétences phonologiques au moins 10 semaines après.

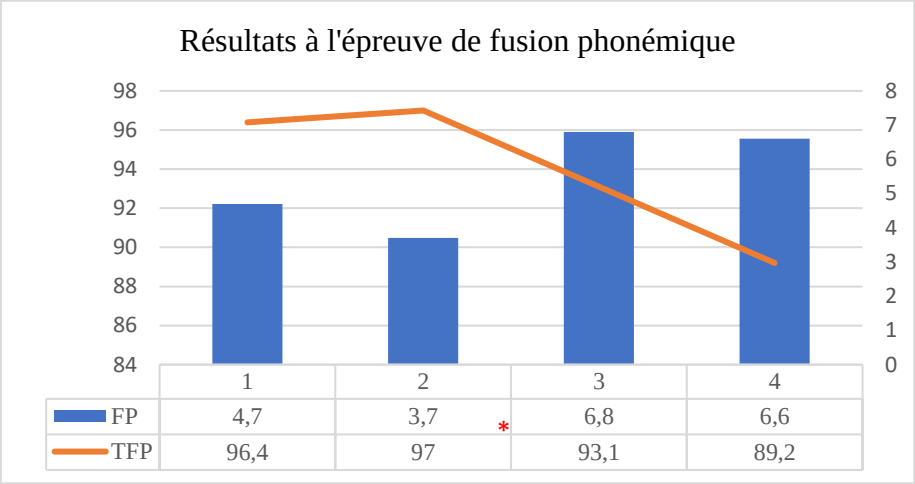


Figure 48 : Scores en fusion phonémique (: différence significative).*

5.2.1.5. Evolution de la mémoire et de l'inhibition

Le tableau 33 décrit les résultats obtenus aux épreuves d'inhibition et de mémoire aux différents temps d'évaluation.

Tableau 34 : Résultats (moyennes et écarts-types) aux épreuves d'inhibition et de mémoire aux différents temps d'évaluation.

	Temps d'évaluation n°1		**Temps d'évaluation n°2**		**Temps d'évaluation n°3**		**Temps d'évaluation n°4**	
Variables	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET
	Épreuve d'inhibition							
CI	**14,40**	*2,31*	**15,40**	*1,83*	**18,30**	*1,25*	**17,70**	*1,63*
	Épreuve de mémoire							
MCT	**4,50**	*0,70*	**4,50**	*0,70*	**5,10**	*0,73*	**5,30**	*0,67*
MDT	**2,70**	*0,67*	**3,00**	*0,81*	**3,90**	*0,56*	**4,00**	*0,81*

5.2.1.5.1. Evolution des performances à l'épreuve d'inhibition

Période témoin : la réussite à l'épreuve de contrôle de l'inhibition tend à augmenter légèrement de la première à la deuxième évaluation. Au test t de Student, l'homogénéité des variances est acceptée, et l'égalité des moyennes aussi. En ce sens, il n'y a pas d'évolution des compétences en inhibition durant la période de latence.

Période test : on note cette fois-ci, une augmentation plus importante des résultats après l'entraînement. Cette fois-ci, au test t de Student, les variances sont homogènes et le test admet une différence statistiquement significative des moyennes ($t=-4,124$; $p<0,001$). Les capacités d'inhibition des enfants dyslexiques ont donc significativement progressé après l'entraînement.

Période post-test : entre les évaluations 3 et 4, malgré une légère baisse de moyenne obtenue au quatrième temps d'évaluation, les résultats se sont maintenus stables. Le test U de Mann Whitney ne distingue pas de différence significative entre les évaluations 3 et 4 ($p= 0,481$).

L'évolution des scores en inhibition sont présenté par la figure 49.

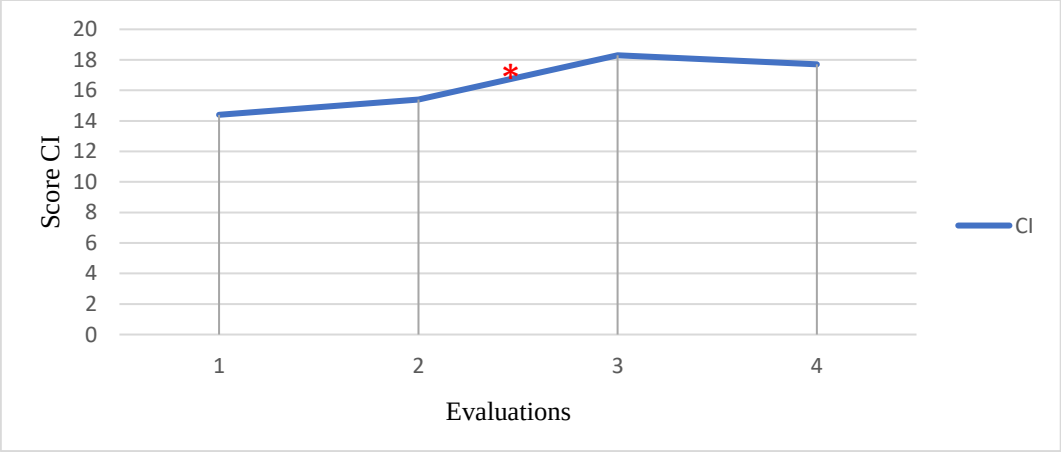


Figure 49 : Evolution du score en contrôle de l'inhibition (: différence significative).*

5.2.1.5.2. Evolution des résultats en mémoire

Période témoin : il n'y a pas d'évolution significative entre le premier et le second temps d'évaluation, ni pour l'empan de la MCT (p= 1,000) ni pour celui de la MDT (p=0,481) au test U de Mann Whithney.

Période test : en ce qui concerne l'épreuve de mémoire de travail à court terme, malgré une augmentation de l'empan moyen (+0,60 en moyenne) des enfants dyslexiques, les résultats ne divergent pas statistiquement en comparaison avec la période de latence (p=0,105 au test U de Mann Whitney). Toutefois, les résultats sont différents en ce qui concerne la mémoire de travail. On observe, en effet, une augmentation plus importante de l'empan envers (+0,9), entre les évaluations 2 et 3. Cette augmentation est statistiquement significative (p=0,009 au test U de Mann Whitney).

Période post-test : la comparaison entre les résultats moyens obtenus aux évaluations 3 et 4 ne montre pas de différences significatives, ce qui indique que les enfants dyslexiques n'ont pas évolué quant aux capacités mnésiques ultérieurement à l'entrainement (MCT : p=0,579 et MDT : p=0,971 au test U de Mann Whitney). Les progrès obtenus en mémoire de travail se sont donc maintenus.

6. Discussion des résultats du second dispositif expérimental

D'après les résultats obtenus, l'entraînement psychomoteur proposé a contribué au développement des compétences rythmiques des enfants dyslexiques comme le montre l'évolution statistiquement significative de ces compétences après l'intervention psychomotrice. Les activités proposées sont donc bien en adéquation avec la compétence visée et les bénéfices obtenus après l'entrainement ont perduré au moins jusqu'à 10 semaines plus tard. À la suite de l'entrainement proposé, d'autres compétences ont également significativement évolué. Ainsi, les épreuves d'identification de rimes et de suppression syllabiques sont significativement mieux réussies après l'entrainement. Les autres épreuves de conscience phonémique (suppression et fusion) sont également meilleures en précision mais pas en temps de traitement. Les enfants dyslexiques ont ainsi montré de meilleures performances dans les épreuves de conscience phonologique, quel que soit le niveau concerné

(syllabe, rime, phonème). De même, à l'épreuve de répétitions de non-mots, les dyslexiques ont positivement et significativement évolué après l'entraînement.

Au vu des résultats obtenus, après la phase d'entraînement, les dyslexiques ont obtenu de meilleures performances en lecture de mots réguliers et de non mots. Ils ne lisent pas mieux les mots irréguliers. De plus, la fluence en lecture ne s'est pas améliorée. En ce sens, nous notons une amélioration dans l'utilisation de la voie d'assemblage comme formulé en hypothèse, et certainement due à l'amélioration observée en conscience phonologique.

Finalement, l'entraînement rythmique a développé la mémoire de travail et les capacités d'inhibition des enfants dyslexiques. Cependant, la mémoire à court-terme, en termes d'empan, ne semble pas s'améliorer. Il est donc possible de mettre en avant, en accord avec nos hypothèses, que l'entraînement des compétences rythmiques a permis de développer les compétences exécutives des enfants. Le fonctionnement exécutif ayant un rôle important dans le développement des compétences en lecture, il parait tout à fait probable que l'amélioration des capacités d'inhibition et de la mémoire de travail puisse, en partie, expliquer les progrès en lecture et en conscience phonologique des enfants dyslexiques.

7. Conclusion du second dispositif expérimental

En conclusion, notre second dispositif expérimental nous a permis de montrer une intervention psychomotrice axée sur le développement des compétences rythmiques semble être tout à fait pertinente dans la rééducation de la dyslexie, permettant de développer un ensemble de compétences mises en jeu dans l'activité de lecture (conscience phonologique, mémoire de travail et fonction exécutive) afin d'améliorer le décodage en lecture. Ces améliorations ont toutes été observées en comparant les performances des enfants dyslexiques avant et après les dix séances d'entraînement. Nous n'avons pas observé d'évolution significative des performances pendant les deux périodes sans entraînement. Ce fait confirme l'absence d'effet d'apprentissage lié à la répétition des tests, et le maintien à long-terme des bénéfices observés.

Par contre, alors que nous avons questionné la place des compétences exécutives dans le lien entre le rythme et la lecture, notre méthodologie ne nous permet pas de déterminer si les

activités rythmiques influencent directement les compétences sous-jacentes à la lecture ou par l'intermédiaire des compétences cognitives. Il serait par conséquent tout à fait pertinent de poursuivre notre recherche afin de préciser les premiers résultats obtenus.

Discussion générale et conclusions

L'objet de notre recherche était l'étude du lien entre les compétences temporelles et l'accès au langage écrit, et plus précisément comprendre si une intervention en psychomotricité axée sur le développement des compétences temporelles, avec un regard particulier sur les compétences rythmiques, pouvait améliorer le décodage en lecture. De fait, notre questionnement s'est élaboré sur la base de différents travaux, relativement récents, qui ont étudié les corrélations entre les performances musicales et rythmiques et la lecture (Anvari et al., 2002 ; David et al., 2007; Dellatolas et al., 2009), ou encore les effets positifs des entraînements musicaux sur la conscience phonologique et la lecture (Bolduc et al., 2009; Degé et Schwarzer, 2011). En parallèle, les troubles de la structuration temporelle ont été mis en évidence chez les enfants dyslexiques, et les liens entre musique, rythme et les compétences en lecture chez ces derniers ont également été établis (Huss et al., 2011; Thomson et al., 2006; Thomson et Goswami, 2008).

En parallèle, nous avons, au fur et à mesure de notre encadrement théorique donné une place importante aux fonctions exécutives. En effet, elles ont été définies comme indispensables à l'accès au langage écrit chez les enfants tout-venant. La lecture nécessite la mise en mémoire de la suite des phonèmes durant le décodage, mais le traitement des unités phonologiques met en jeu un contrôle exécutif important (Altemeier et al., 2008; Barrouillet et Camos, 2007; Boulc'h et al., 2007; Gillet et al., 2000; St Clair-Thompson et Gathercole, 2006). En outre, les enfants dyslexiques souffrent également de troubles exécutifs (Brosnan et al., 2002 ; Smith-Spark et al., 2016) qui, au minimum, majorent leurs difficultés en lecture. Les fonctions exécutives, comme nous l'avons expliqué, sont également mises en jeu dans les tâches de nature temporelle, comme l'expliquent les théories de l'horloge interne (Church, 1984; Zakay, 2005). C'est pourquoi nous avons pris en compte ces compétences lors de nos protocoles expérimentaux.

Nous avons alors supposé que l'entraînement psychomoteur axé sur le développement des compétences temporelles pourrait directement développer les compétences en lien avec l'accès au langage écrit (comme la conscience phonologique), mais également de manière indirecte, par le développement des compétences exécutives qui sont également importantes pour le décodage en lecture.

Dans nos deux situations expérimentales, l'entraînement psychomoteur a permis d'améliorer significativement les compétences en conscience phonologique et les compétences en inhibition des élèves. De plus, les enfants tout-venant entraînés dans le cadre du premier dispositif expérimental, montrent au CP, soit un an après la fin de l'entraînement, de meilleures performances en décodage en lecture que les enfants non entraînés. Quant aux les enfants dyslexiques, l'entraînement a permis également de développer le décodage en lecture, les compétences en répétition de non-mots, mais également la mémoire de travail (non évaluée chez les enfants de maternelle).

Ainsi, nos résultats valident notre hypothèse principale : un entraînement psychomoteur permet de développer les compétences liées au traitement du langage oral et qui sont fondamentales pour l'accès au langage écrit (chez les enfants tout-venant, la conscience phonologique ; chez les enfants dyslexiques, la conscience phonologique et la répétition de pseudo-mots). La médiation rythmique apparaît donc comme pertinente pour favoriser le développement des compétences en lecture et aider à la rééducation de la dyslexie. C'est la nature du lien qui unit le rythme et les compétences en lecture qu'il nous faut maintenant comprendre. En effet, l'entraînement psychomoteur, comme il était prédit, a participé au développement des compétences exécutives, tant pour les enfants de maternelle que chez les dyslexiques. Il nous semblait donc pertinent de comprendre si les bénéfices obtenus pour les compétences sous-jacentes à l'activité de lecture étaient directement causés par l'entrainement rythmique ou par l'amélioration des compétences exécutives.

À partir de nos études expérimentales, nous avons tout d'abord mis en évidence les liens existants entre les compétences rythmiques et la conscience phonologique. Dans le cadre de notre première étude menée auprès des élèves de maternelle, ces liens ont été observés par les différentes corrélations obtenues ou l'amélioration significative de la conscience phonologique chez les enfants entraînés. Pour les enfants dyslexiques de la seconde étude, les performances en conscience phonologique ont également significativement évolué après l'entraînement.

Notre premier dispositif expérimental et les résultats obtenus ont mis en évidence que les compétences en inhibition, à la fois corrélées au rythme et à la conscience phonologique, ne

médiatisent pas les relations obtenues entre ces derniers. Les liens entre le rythme et la conscience phonologique ne peuvent donc pas être attribués exclusivement à la mise en œuvre de capacités d'inhibition communes. Il existerait ainsi, selon nous, un lien plus direct entre les compétences temporelles et la conscience phonologique. Les tâches de conscience phonologique mettent en jeu la perception de l'ordre des phonèmes, la sensibilité à la durée des événements acoustiques ou plus généralement le traitement temporel du langage oral. Ainsi, en stimulant les compétences temporelles, par l'intermédiaire du rythme, il est possible de rendre plus faciles les tâches de conscience phonologique, tant pour les enfants tout-venants que pour les enfants dyslexiques.

Il nous semble donc probable que les bénéfices obtenus en conscience phonologique après l'entraînement rythmique soient majoritairement directs et non dus à l'amélioration du fonctionnement exécutif. En effet, si selon nous, un lien direct existe entre les compétences temporelles et la conscience phonologique, nous ne réfutons pas l'hypothèse que l'amélioration des compétences exécutives puisse dans une certaine mesure renforcer l'amélioration des compétences en conscience phonologique.

Toutefois, ces conclusions seraient à vérifier dans le futur, en prenant en compte un plus large éventail de fonctions exécutives, et notamment la mémoire de travail, puisque, comme nous l'avons déjà signalé au cours de notre réflexion, seule la mémoire à court-terme a été évaluée en maternelle.

Cependant, et malgré les liens importants entre le rythme et le traitement du langage oral, nous n'avons pas pu établir une relation entre les compétences rythmiques et la répétition de pseudo-mots lors de notre première étude, tant par l'analyse de corrélation que par l'évolution des compétences en répétition de pseudo-mots à la suite des entraînements. Nous avons proposé, lors de l'analyse corrélative, d'expliquer l'absence de corrélation entre rythme et répétition de pseudo-mots par les natures différentes des épreuves (plus motrices pour le rythme, plus auditives pour la répétition de pseudo-mots). Si l'on prend en compte les résultats d'évolution globale en répétition de pseudo-mots, les enfants du groupe expérimental ont tout de même davantage évolué que les enfants non entraînés (voir tableau 26). La non significativité de la différence entre les moyennes pourrait être expliquée par les larges écart-types montrant une hétérogénéité intra-groupe quant à cette compétence. Finalement, chez les enfants dyslexiques, la répétition de logatomes est meilleure après l'entraînement. Ces

élémentsvont dans le sens de l'existence d'un lien entre le traitement du langage oral et le rythme.

Si l'existence d'un lien direct entre le rythme et la conscience phonologique est clairement établie, il n'en va pas de même avec les compétences en lecture et prélecture. En maternelle, la reconnaissance de lettres, processus essentiellement visuel, est corrélé avec l'inhibition et la conscience phonologique dès la MSM. En GSM, un lien corrélatif est établi avec une des deux épreuves de rythme. Or, en GSM, la corrélation entre le rythme et les compétences en prélecture s'explique à la fois par les compétences en conscience phonologique et par les compétences en inhibition, malgré des corrélations partielles qui restent tendancielles, quelle que soit la condition de contrôle (conscience phonologique ou inhibition). D'ailleurs, l'épreuve de rythme en fin de GSM explique 24 % de la variance en reconnaissance de lettres et de mots. Ainsi, pourrait-il exister un lien entre la reconnaissance de lettres et de mots et certaines compétences rythmiques ? C'est la nature des deux tâches que nous allons questionner pour tenter d'expliquer ce faisceau d'éléments en faveur d'un lien entre les deux. L'épreuve de rythme auditivo-visuo-kinesthésique met en jeu la perception, la mémorisation et la programmation d'une suite de gestes (battements de mains et / ou pieds). Cette épreuve met en jeu, comme le souligne Vaivre-Douret (2006) une intégration sensorielle multimodale (visuelle, auditive et kinesthésique). Or, pouvoir nommer une lettre, nécessite la mise en lien d'informations visuelles (sa forme visuelle), auditives (sa prononciation) et même kinesthésiques (son articulation). Ainsi, nous faisons l'hypothèse que l'analogie entre les deux épreuves peut expliquer les liens retrouvés entre les variables.

En revanche, nous n'avons pas pu montrer que l'entrainement améliore les performances en reconnaissance de lettres. Notons toutefois, nous n'avons évalué que la connaissance de 5 lettres et de 5 mots.

En ce qui concerne les compétences en lecture au CP des enfants entraînés, ces derniers sont meilleurs en décodage et lisent plus de mots correctement en une minute. Avec un effectif expérimental réduit (1er dispositif expérimental – étude n°2), nous avons obtenu une corrélation entre les épreuves de rythme en maternelle (synchronisation motrice en fin de MSM et séquences rythmiques en fin de GSM) et le nombre de mots lus correctement en une

minute. Les deux épreuves de rythme prédisent le plus cette variable. Mais il n'existe pas de lien entre le décodage et le rythme.

Le décodage en lecture, malgré des performances meilleures chez les enfants entraînés, n'apparait pas comme lié aux compétences rythmiques. Le décodage est lié en revanche à l'inhibition. Chez les enfants dyslexiques, les capacités de décodage ont d'ailleurs augmenté à la suite de l'entraînement, mais tout comme l'inhibition et la mémoire de travail. Nous postulons que les compétences temporelles ne sont pas directement liées au décodage en lecture et l'utilisation de la stratégie de lecture par assemblage à partir de l'application du principe alphabétique. Toutefois, l'entrainement rythmique en développant la conscience phonologique, l'inhibition et la mémoire de travail permettrait sans doute, et cette fois-ci de manière indirecte, de développer les compétences de décodage en lecture.

Chez les enfants tout-venants, les compétences rythmiques sont en lien et prédisent la fluence en lecture, soit le nombre de mots lus correctement en une minute. Toutefois, l'entraînement rythmique, chez les dyslexiques, n'a pas amélioré cette variable. La variabilité des profils des enfants dyslexiques pourrait expliquer ce fait. Nos résultats nous amènent à penser que les compétences rythmiques pourraient être en lien avec la fluence en lecture.

Il est également à noter que nous avons obtenu certaines corrélations non attendues. Plus précisément des corrélations négatives entre le rythme et la conscience phonologique et entre le rythme et la répétition de pseudo-mots. Ces résultats, contraires à nos hypothèses, ont été recueillis en début de protocole (niveau MSM). Il est vrai qu'il est difficile d'expliquer ces résultats, si ce n'est par manque de maturation des dites compétences. Toutefois, avec le temps (en GSM), les corrélations entre le rythme et la conscience phonologique deviennent toutes positives, comme attendu.

En résumé, les compétences rythmiques seraient directement en lien avec les compétences mettant en jeu le traitement temporel du langage oral, comme par exemple la conscience phonologique. De plus, l'entraînement rythmique permettrait de développer la conscience phonologique. Il exercerait également un effet sur les compétences exécutives (inhibition, mémoire de travail). Par l'amélioration de la conscience phonologique et du contrôle exécutif,

les capacités en décodage peuvent être développées. Les compétences rythmiques seraient également en lien plus direct avec la fluence en lecture.

Pour conforter nos conclusions, il serait pertinent de poursuivre ultérieurement nos recherches afin de consolider nos hypothèses et dépasser les limites méthodologiques rencontrées. En effet, en ce qui concerne le premier dispositif expérimental, nous avons comparé l'évolution des enfants entraînés à un groupe d'enfants non entraînés. Certaines études mettent par exemple en place des groupes dits « placebo » afin de pouvoir mesurer l'effet de l'adhésion des participants sur les performances des enfants. Toutefois, mettre en place un groupe placebo aurait été couteux en termes de recrutement de la population. En effet, de notre échantillon de base, nous avons perdu une trentaine d'enfants, soit pratiquement un groupe. Pour avoir un groupe placebo, il aurait donc fallu recruter beaucoup plus d'enfants au départ. Dans le cas contraire, nous aurions probablement terminé le protocole avec des groupes beaucoup plus réduits en termes d'effectifs, ce qui aurait rendu les résultats moins exploitables.

Il serait également nécessaire de mieux sélectionner les tests choisis. Nous avons tenté de privilégier des tests étalonnés afin de garantir une cohérence des résultats, mais également pour des contraintes temporelles (pour ne pas avoir à créer une épreuve, et devoir en amont la prétester). En ce qui concerne par exemple la conscience phonologique, il existait peu d'épreuves étalonnées adaptés aux enfants de 4 ans. Les deux premières épreuves choisies se sont avérées peu adaptées (l'une trop facile pour être utilisée sur l'ensemble du protocole, l'autre un peu trop difficile pour le début de la MSM). De la même manière, nous avons opté pour l'évaluation de la mémoire à court-terme phonologique car nous ne possédions pas d'épreuve étalonnée pour les enfants de 4 ans pour mesurer la mémoire de travail.

L'évaluation des compétences rythmiques peut aussi être discutée. Traditionnellement, les épreuves psychomotrices évaluant la structuration temporelle, comme nous l'avons expliqué dans notre encadrement théorique se fait essentiellement par des épreuves de reproduction de rythme ou de synchronisation au métronome, où l'examinateur face à l'enfant juge à l'oreille seule de l'exactitude des réponses. Il est vrai, concernant par exemple les capacités de synchronisation sensori-motrice, que des études récentes ont pu utiliser un dispositif informatisé afin d'évaluer précisément l'espacement temporel des frappes. Ce type d'évaluation, plus rigoureuse, serait néanmoins coûteux à mettre en place dans le cadre d'un

examen psychomoteur, voire à l'école si l'on admet que des épreuves de rythme pourraient prédire les difficultés en lecture. Nous avons donc choisi des épreuves de rythme classique en psychomotricité, pouvant être utilisée par tous, sans contrainte matérielle.

En termes méthodologique et de protocole, nous avons également été contraints de minimiser les évaluations de CP, alors qu'il aurait également été intéressant de mesurer les compétences rythmiques et d'inhibition sur ce niveau scolaire. De plus, nous avons choisi d'entraîner les enfants en maternelle, mais il aurait été possible de poursuivre l'entrainement au CP.

Nous aurions également dû prendre en compte, de manière plus rigoureuse les classes socio-économiques des familles. Comme expliqué en amont, l'homogénéité de la population accueillie nous a été garantie par l'inspectrice de circonscription de Dreux 1 de l'Education Nationale. Toutefois, prendre en compte plus officiellement ces données aurait permis de s'assurer objectivement de cette homogénéité.

Une des limites méthodologiques est que les enfants du groupe expérimental appartiennent tous à la même école. Comme expliqué au chapitre 6, cette école avait déjà mis en place une intervention autour du rythme et de la musique. Nous avons estimé que les différences inter-écoles étaient minimes. Nous avons en effet observé une grande diversité des pratiques pédagogiques, propres à chaque enseignant plutôt que propres à l'institution « école ». Toutefois, dans une prochaine étude, il faudra veiller à ce que la population expérimentale soit équitablement répartie.

Notre recherche, malgré ses limites méthodologiques a permis de mettre en lumière l'importance des compétences temporelles et rythmiques dans l'accès au langage écrit, et pourrait donc avoir des implications concrètes.

Tout d'abord, le rythme apparaît comme une médiation dont l'utilisation devrait se développer dans les salles de classes. Comme exposé au début de notre présentation théorique, le rythme est déjà préconisé pour accompagner les activités de langage, via l'utilisation de comptines, ou encore le dénombrement de syllabes dans un mot en tapant des mains (Ministère de l'Éducation nationale, 2015, 2016). S'il nous paraît totalement justifié de poursuivre ce genre d'activités, notre étude tend, toutefois, à montrer qu'une éducation au rythme et à la musique en maternelle, favoriserait le développement cognitif des enfants, en facilitant l'accès au langage écrit (développement de la conscience phonologique) et la

maturation des fonctions exécutives. L'éducation musicale et rythmique pourrait ainsi trouver sa place à l'école maternelle (et primaire) au même titre que l'éducation physique ou les arts visuels, pour des raisons autres que l'éducation artistique et culturelle.

De plus, l'intérêt de l'approche psychomotrice pourrait faire partie intégrante de la formation des enseignants. Plus particulièrement en lien avec notre recherche, les bénéfices du développement des compétences rythmiques (et musicales) devraient être plus amplement développées au cours de la formation des enseignants et dans les recommandations de pratiques pédagogiques. En effet, cette approche peut permettre à la fois le développement de la conscience phonologique mais également des compétences exécutives utiles aux apprentissages d'une manière générale.

En parallèle, le développement des compétences temporelles et rythmiques pourrait être un axe de prévention et de rééducation des enseignants des réseaux d'aides spécialisées aux élèves en difficultés (RASED) de l'Éducation Nationale. Plus encore, il pourrait être intéressant de rapprocher les psychomotriciens des professionnels de l'éducation pour développer la prévention des difficultés d'apprentissage à l'école, leur dépistage et l'aide aux enfants en difficultés. D'un point de vue empirique, il nous semble pertinent dans le cadre d'une future recherche expérimentale de comparer les bénéfices d'un entraînement rythmique à ceux d'un entraînement phonologique afin d'élaborer les meilleurs outils de prévention et de stimulation des compétences des apprenants.

Le développement de batteries de dépistage des difficultés de lecture en maternelle pourrait peut-être inclure des épreuves de rythme.

Nous avons finalement mis en évidence que l'intervention axée sur le développement des compétences temporelles et rythmiques chez les enfants dyslexiques a permis de développer les compétences en lecture (décodage), en conscience phonologique, et répétition de non mots, en mémoire de travail et en inhibition. En ce sens, la rééducation psychomotrice, dans le cas d'un trouble spécifique de l'accès au langage écrit à prédominance phonologique, devrait être incluse dans la prise en charge de l'enfant dyslexique. La psychomotricité permettrait à la fois la rééducation des troubles sensorimoteurs rencontrés dans la sémiologie de l'enfant dyslexique (troubles praxiques, exécutifs, temporo-spatiaux,…) et la rééducation du trouble

phonologique. Effectivement, d'après nos résultats, la rééducation psychomotrice semble tout à fait adaptée pour soutenir la rééducation orthophonique.

Notre travail de recherche, par son approche théorique et ses démarches expérimentales, a soulevé la question de la place des compétences psychomotrices dans les apprentissages scolaires fondamentaux, mais également dans le développement cognitif de l'enfant.

Nous avons étudié plus particulièrement les compétences temporelles et la lecture, mais il est possible de requestionner l'influence du développement psychomoteur sur le développement cognitif et l'accès aux apprentissages d'une manière plus générale. Ainsi, le lien controversé entre la structuration spatiale et la lecture pourrait encore, selon nous, faire l'objet d'étude sous l'angle de la psychomotricité, afin de poursuivre le développement des techniques et des médiations pour aider à l'accès au langage écrit. De plus, les liens entre les compétences spatio-temporelles, ou le développement moteur, et les autres compétences scolaires, comme le développement du raisonnement logico-mathématique seraient également à développer.

Nous avons également mis en évidence la participation des fonctions exécutives dans l'accès au langage écrit. Des recherches futures pourraient être menées pour affiner la compréhension du lien entre les deux, tout comme tester spécifiquement les bénéfices des entraînements aux compétences exécutives sur le développement des compétences en lecture, mais également sur l'ensemble des compétences scolaires. Cela permettrait de compléter le panel d'entraînements à destination des professionnels de l'éducation qui pourraient ainsi disposer d'un maximum d'outils pour prévenir les difficultés scolaires et favoriser les apprentissages.

Finalement, la psychomotricité a également montré ses bénéfices en termes de remédiation cognitive. Par-delà son application pour les enfants dyslexiques, il faudrait poursuivre les recherches dans le cas d'autres troubles cognitifs (syndromes dys-exécutifs, par exemple).

Notre thématique de recherche part d'un constat ancien, puisque Stambak (1951) avait déjà mis en évidence les difficultés rythmiques chez les enfants dyslexiques. Néanmoins, les études sur le lien entre les compétences rythmiques et la lecture sont plus que jamais d'actualité. La poursuite de ces recherches est indispensable pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à ces relations, mais également pour le développement des programmes d'éducation et de rééducation les plus appropriés pour les enfants apprenti-lecteurs et les enfants dyslexiques. Les recherches dans le domaine de la psychomotricité, tant dans son versant éducatif que rééducatif doivent se poursuivre afin de légitimer et servir au mieux les populations concernées.

Annexes

1. Lettre envoyée à l'inspecteur de l'Education Nationale d'Eure et Loir 244
2. Formulaire de consentement type – premier dispositif expérimental..... 245
3. Protocole d'évaluation des enfants du premier dispositif expérimental..... 246
4. Résultats bruts des enfants pour l'ensemble des variables 253
5. Statistiques descriptives en fonction des groupes..... 277
6. Tests de normalité en fonction des groupes..... 279
7. Etudes corrélatives..... 281
8. Test de normalité des variables score Z (groupe contrôle n=24) 285
9. Corrélations, pour les variables score Z respectant la loie normale, n=24..... 286
10. Analyse de régression linéaire simple 288
11. Statistiques Descriptives des variables « Evolution 1, 2 et G » 296
12. Tests de normalité pour les variables « évolution 1, 2 et G »..... 297
13. Comparaison des moyennes au pré-test..... 299
14. Comparaison des variables Evolution 1 300
15. Comparaison de moyennes entre les groupes pour la variable PP2 301
16. Evolution des variables « évolution 2 »..... 302
17. Comparaison de moyenne pour la variable Prel3..... 303
18. Comparaison des moyennes « évolution globale » 303
19. Comparaison des moyennes entre les groupes variables prises en compte au CP .. 304
20. Formulaire de consentement enfants dyslexiques 306
21. Protocole d'évaluation des enfants dyslexiques 307
22. Résultats bruts des enfants dyslexiques, en fonction des patients et des temps d'évaluation..... 313
23. Statistiques descriptives des variables étudiées chez les enfants dyslexiques..... 317
24. Tests de normalité pour les variables étudiées chez les enfants dyslexiques 319
25. Comparaison de moyenne chez les enfants dyslexiques – période témoin 322
26. Comparaison de moyenne chez les enfants dyslexiques - période test 324
27. Comparaison de moyenne chez les enfants dyslexiques – période post-test..... 326

1. Lettre envoyée à l'inspecteur de l'Education Nationale d'Eure et Loir

PARIS DESCARTES

Paris, le 14 mai 2014

à l'attention de M. Joël Sürig
IA-DASEN d'Eure-et-Loir

Objet : interventions dans des classes dans le cadre de la thèse de M. Pereira

Cher collègue,

A la rentrée prochaine, M. Daniel Pereira entamera une thèse intitulée « Implication de la psychomotricité dans l'apprentissage de la lecture et ses troubles » sous ma direction,(co-direction : Madame L. Boulc'h) à l'Université Paris Descartes.

Ce projet vise à comprendre les relations existant entre les compétences mises en jeu dans le processus de décodage en lecture et les compétences psychomotrices. Il a pour but, dans un premier temps, de déterminer dans quelle mesure la capacité à percevoir et produire des rythmiques en maternelle est prédictrice de la réussite ultérieure en lecture et, dans un deuxième temps, de tester l'efficacité d'un entraînement psychomoteur ciblé sur les performances en lecture d'élèves dyslexiques. À terme, il s'agira de proposer de nouvelles pratiques pédagogiques mais aussi de nouveaux moyens de rééducation.

Dans le cadre de son premier axe de recherche, M. Pereira mènera une étude longitudinale sur 3 ans (de la moyenne section jusqu'au cours préparatoire) visant à évaluer les performances des élèves dans différents domaines entretenant des liens plus ou moins directs avec l'apprentissage de la lecture : connaissance des lettres, segmentation de mots, production de rimes et décodage de mots, discrimination et production de rythmes. À partir d'analyses statistiques de type régression, il s'agira de déterminer le poids de chacune de ces variables dans les capacités en lecture observées à la fin du CP. M. Pereira souhaiterait mener sa recherche auprès d'élèves de la région drouaise.

C'est pourquoi je vous saurais gré de bien vouloir autoriser M. Pereira à travailler avec des élèves de classes de la région. Je précise que sa recherche se fait dans le strict respect du code de déontologie : elle nécessite le consentement éclairé de personnes volontaires, le respect de l'anonymat et l'information sur les objectifs et les résultats obtenus. Ces résultats feront l'objet d'un retour auprès des équipes éducatives concernées.

Veuillez agréer, cher collègue, l'expression de mes sincères remerciements.

Sandra Jhean-Larose

Laetita Boulc'h

Sandra Jhean-Larose
Professeure des Universités
Université d'Orléans
Laboratoire EDA «Education, Discours et Apprentissages »
Centre Universitaire des Saints-Pères
45, rue des Saints Pères,
75270 Paris Cedex 06
e-mail : sandra.jhean-larose@parisdescartes.fr

Laetitia Boulc'h
Maître de Conférences
Université Paris Descartes
Laboratoire EDA
Centre Universitaire des Saints-Pères
45, rue des Saints-Pères
75270 Paris Cedex 06
e-mail : laetita.bouc-h@parisdescartes.fr

2. Formulaire de consentement type – premier dispositif expérimental

Formulaire de consentement

Madame, Monsieur,

La recherche pour laquelle la participation de votre enfant est sollicitée vise à ***comprendre l'implication des compétences rythmiques dans l'apprentissage de la lecture, chez les enfants de la moyenne section au Cours préparatoire***. Elle est menée par Daniel Pereira, doctorant en Sciences de l'Education à l'Université Paris Descartes, sous la Direction de Sandra Jhean-Larose, professeur et Laetitia Boulc'h, maitre de conférences.

Cette recherche se déroulera sur trois ans et consistera en ***une évaluation annuelle d'un ensemble de compétences en lien avec l'apprentissage de la lecture***. Il sera dans un second temps proposé aux enfants de ***participer à des séances de psychomotricité*** au cours de l'année scolaire.

L'anonymat des participants sera préservé. Aucun test utilisé ne possède de caractère invasif. Il n'existe donc aucun risque pour l'enfant ni sur le plan physique, ni sur le plan psychologique.

Les passations débuteront à partir de la rentrée des vacances de la Toussaint. Les horaires seront établis en accord avec l'enseignant(e) de votre enfant.

Nous demeurons à votre disposition pour répondre à toutes les questions ou demandes de votre part.

Consentement

Je soussigné(e) M. / Me *(nom, prénom)* _____ ,
tuteur(rice) légal(e) de l'enfant *(nom, prénom)* _____

- ☐ Autorise,
- ☐ N'autorise pas

mon enfant à participer à la recherche menée par M. Pereira .

Signature :

3. Protocole d'évaluation des enfants du premier dispositif expérimental

1.1. Epreuve de prélecture

Niveau MSM

Lettre essai « A »

E U R N T
LE MAMAN SA UN LA

Niveau GSM

Lettre essai « a »

e u r n t
le maman sa un la

1.2. Épreuve de répétition de pseudo-mots

Administrée pour les niveaux MSM et GSM

- Ba / fi
- Cro / dé
- Pli / bo
- Ché / pu
- Né / grou / ton
- Flu / vi / mo
- Cré / bos / pa
- Stri / pa / dul

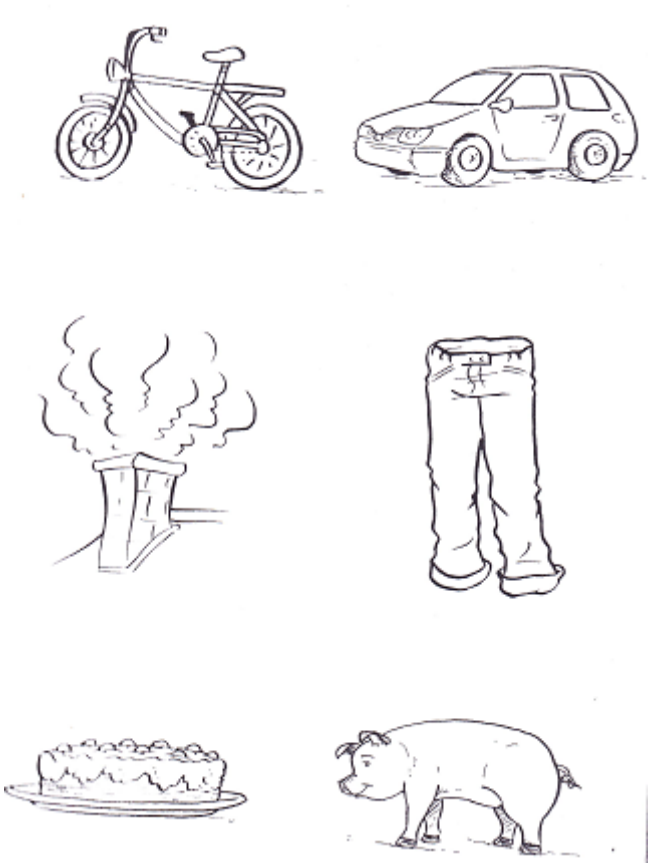
1.3. Epreuve de sensibilité à une erreur phonologique

Administrée en MSM seulement

Liste des items :

Images	Mot prononcé
Vélo	**Lové**
Voiture	**Voiture**
Cheminée	**Minée**
Pantalon	**Papalon**
Gâteau	**Grateau**
Cochon	**Chocon**

Planche :



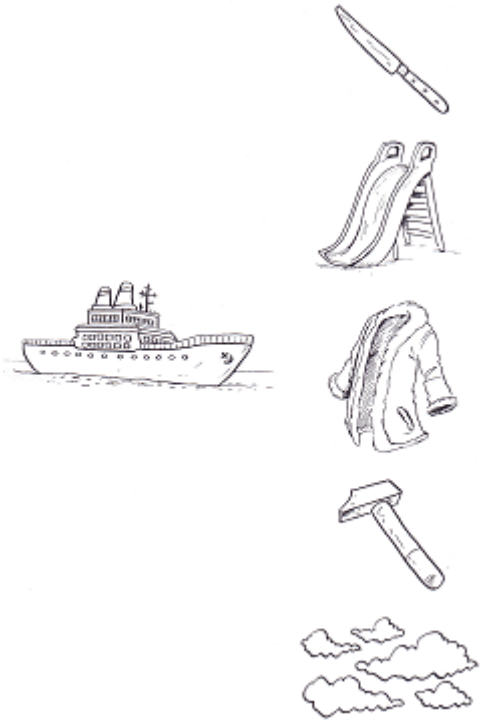
1.4. Epreuve d'identification de rimes

Administrée en MSM et GSM

Items en fonctions des planches :

	Planche		
	1	2	3
Mot cible	**Bateau**	**Mouche**	**Lapin**
Items	Couteau	Louche	fourchette
	Tobogan	Bouche	Moulin
	Manteau	chou	Chemin
	Marteau	douche	Pinceau
	Nuage	Oiseau	Requin

Exemple de planche (planche n°1) :



1.5. Epreuve des processus phonologique NEPSY

Administrée en fin de MSM, GSM et CP

1ère partie

Exemple de planche : (planche n°1)



images			amorce
poulet	poupée	pousser	Pou - sser
téléphone	éléphant	enfant	Télé -
crayon	avion	Vélo	- vion
bateau	tableau	râteau	Ba - teau
panier	pommier	Pompier	- ompier
chameau	château	Chapeau	- apeau
manche	plante	Planche	- lanche
couler	coucher	Couper	- ouler
manche	plante	Planche	- lante
castor	carte	Casquette	- asqu -
bonbon	blouson	Bouton	- lou -
castor	carte	Casquette	- ar -
Pomme	Porte	Gomme	- orte
bateau	tableau	Râteau	- abl -

Partie 2 (suppression phonologique) et 3 (substitution phonologique)

Dire	Répète-le sans dire
grenouille	gre
bail	b
asile	l
cabri	K
cabale	L
plaque	P
chou	Ch
malpoli	Mal
sport	P
clou	L
admirable	able

Dire	Change le	en
Flamme	Fl	Tr
Grand	Gr	Bl
Train	Ain	Ou
Robe	B	Z
Mur	R	L
Lampe	An	Ou
Cachant	Ach	Ours
Rendant	End	Omp
Mignon	Ign	Out
Plante	Lan	Is
Bruler	rul	az

1.6.Epreuve de rythme Auditivo-visuo-kinesthésique

Administrée en MSM et GSM

Séquences à reproduire (M = main ; P= pied ; D= droit ; G= gauche)

MD – MG – MG
MG – MD – MD

PD – PG – PG
PG – PD – PD

MD – PG – PG
MG – PD – PD

1.7. Epreuve de répétition de chiffres

Administrée en MSM et GSM

Essai : 2 – 9

Série A
3 – 5 – 9
2 – 4 – 7
5 – 2 – 3
Série B
4 – 7 – 2 – 9
3 – 8 – 5 – 2
7 – 2 – 6 – 1
Série C
3 – 1 – 8 – 5 – 9
4 – 8 – 3 – 7 – 2
9 – 6 – 1 – 8 – 3

1.8. Épreuve d'inhibition et calcul de la variable CI

Administrée en MSM et GSM

subtest contrôle

Frappes examinateur	**P**	**PP**	**PP**	**PP**	**P**	**P**	**P**	**PP**	**PP**	**P**
Réponses attendues	**P**	**PP**	**PP**	**PP**	**P**	**P**	**P**	**PP**	**PP**	**P**

subtest conflit

Frappes examinateur	**P**	**PP**	**PP**	**P**	**P**	**PP**	**P**	**PP**	**PP**	**P**
Réponses attendues	**PP**	**P**	**P**	**PP**	**PP**	**P**	**PP**	**P**	**P**	**PP**

Calcul de la note globale de réussite pour l'épreuve de contrôle de l'inhibition (CI) :

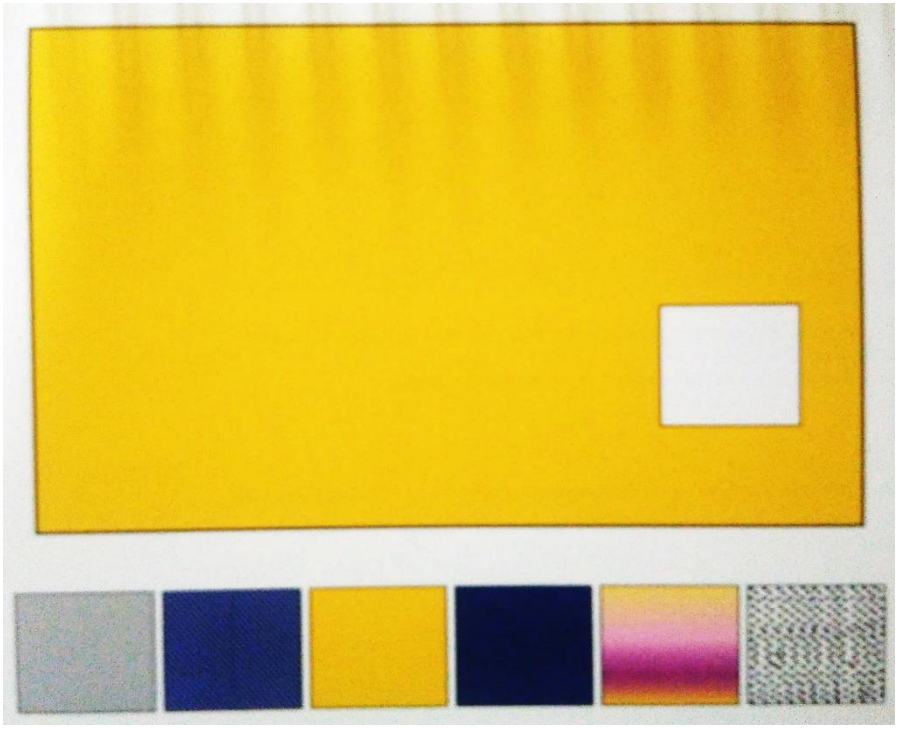
Formule : CI = (nombre de frappes correcte subtest contrôle – pénalité temps) + (nombre de frappes correctes subtest conflit – pénalité temps)

Subtest contrôle		Subtest conflit	
Temps (secondes)	Pénalité	Temps (secondes)	Pénalité
Jusqu'à 15 sec	0	Jusqu'à 20 sec	0
De 16 à 20 sec	1	De 21 à 25 sec	1
De 21 à 25 sec	2	De 25 à 30 sec	2
De 26 à 30 sec	3	De 31 à 35 sec	3
31 sec ou plus	4	36 sec ou plus	4

1.9. Epreuve de raisonnement visuo-spatial

Administrée en MSM et GSM

Exemple de planche (planche n°1) :



1.10. Epreuve de lecture de logatomes

Administrée au CP

Items : sirtu – blani – capu – truno – cravi – kogu

1.11. Lecture du texte

Administrée au CP

Dino, où es-tu ? crie papa.

Ici, dans la mare.

Depuis une heure, Dino, le petit dinosaure, se débat pour se dégager de la boue profonde. Il pleut, de grands oiseaux noirs volent dans le ciel sombre. Ils se préparent à attaquer Dino. Dino pose sa grande patte noire sur le bord de la mare et essaie de sortir son corps de la boue. Son père arrive entre les arbres de la forêt qui borde la mare. Il attrape le cou de Dino entre ses dents et d'un coup, il soulève Dino. Il le pose sur la terre ferme.

Sauvé ! crie Dino.

4. Résultats bruts des enfants pour l'ensemble des variables

4.1. Groupe contrôle

groupe	sujet	AC	PreL1	PreL2	PreL3	EPrel1	EPrel2	EGPrel
1	1	59	0	2	4	2	2	4
1	2	56	0	1	0	1	-1	0
1	3	49	2	4	5	2	1	3
1	4	57	0	0	3	0	3	3
1	5	53	5	6	6	1	0	1
1	6	58	1	1	2	0	1	1
1	7	57	0	1	5	1	4	5
1	8	56	0	2	2	2	0	2
1	9	57	0	0	3	0	3	3
1	10	59	1	1	3	0	2	2
1	11	53	0	1	0	1	-1	0
1	12	52	2	2	1	0	-1	-1
1	13	56	3	5	5	2	0	2
1	14	54	5	5	3	0	-2	-2
1	15	55	2	4	7	2	3	5
1	16	55	1	2	2	1	0	1
1	17	59	3	3	4	0	1	1
1	18	56	2	5	6	3	1	4
1	19	56	2	5	1	3	-4	-1
1	20	54	0	0	0	0	0	0
1	21	51	0	1	1	1	0	1
1	22	54	1	5	2	4	-3	1
1	23	48	4	5	5	1	0	1
1	24	59	1	4	8	3	4	7
1	25	48	1	1	0	0	-1	-1
1	26	53	2	3	2	1	-1	0
1	27	54	5	5	4	0	-1	-1
1	28	54	1	3	2	2	-1	1
1	29	56	4	8	9	4	1	5
1	30	58	5	6	6	1	0	1
1	31	54	3	3	2	0	-1	-1

RPM1	RPM2	RPM3	ERPM1	ERPM2	EGRPM	SP1	SP2	ESP1
15	19	19	4	0	4	11	11	0
13	16	18	3	2	5	11	11	0
18	18	18	0	0	0	11	11	0
17	20	20	3	0	3	5	10	5
18	19	19	1	0	1	11	11	0
12	17	17	5	0	5	9	11	2
16	18	19	2	1	3	5	11	6
16	19	19	3	0	3	9	11	2
13	17	19	4	2	6	9	11	2
15	17	17	2	0	2	7	7	0
14	17	17	3	0	3	11	11	0
14	17	17	3	0	3	6	6	0
18	18	18	0	0	0	9	9	0
18	18	17	0	-1	-1	5	11	6
14	16	17	2	1	3	6	10	4
15	18	18	3	0	3	8	11	3
18	18	19	0	1	1	11	11	0
15	16	18	1	2	3	3	9	6
16	18	17	2	-1	1	7	11	4
14	17	16	3	-1	2	3	9	6
14	15	17	1	2	3	9	11	2
19	19	19	0	0	0	8	10	2
18	18	18	0	0	0	3	3	0
13	16	17	3	1	4	8	10	2
8	14	16	6	2	8	10	11	1
13	17	17	4	0	4	3	9	6
19	19	18	0	-1	-1	10	10	0
10	15	17	5	2	7	9	9	0
17	19	19	2	0	2	3	11	8
16	17	18	1	1	2	9	11	2
12	14	18	2	4	6	10	10	0

IR1	IR2	IR3	EIR1	EIR2	EGIR	ER1	ER2	ER3
1	2	4	1	2	3	1	1	1
2	3	2	1	-1	0	5	4	2
2	2	5	0	3	3	2	0	0
0	6	3	6	-3	3	1	3	2
2	3	4	1	1	2	0	0	0
1	3	2	2	-1	1	0	0	1
2	5	7	3	2	5	8	1	2
3	3	4	0	1	1	2	1	2
6	6	3	0	-3	-3	5	5	0
2	2	3	0	1	1	1	0	3
0	0	4	0	4	4	2	0	1
3	5	4	2	-1	1	5	1	1
0	5	5	5	0	5	0	3	0
9	2	2	-7	0	-7	6	0	1
3	1	9	-2	8	6	6	1	1
3	3	8	0	5	5	5	4	4
2	3	9	1	6	7	0	1	1
0	1	3	1	2	3	0	0	2
2	3	5	1	2	3	0	0	2
4	4	3	0	-1	-1	2	1	0
9	8	4	-1	-4	-5	6	4	1
2	2	3	0	1	1	2	0	0
9	4	6	-5	2	-3	6	2	3
3	6	3	3	-3	0	5	3	1
0	1	3	1	2	3	0	3	3
5	6	4	1	-2	-1	3	2	1
9	5	6	-4	1	-3	6	4	1
0	0	3	0	3	3	0	0	0
2	3	7	1	4	5	0	1	1
2	3	4	1	1	2	1	2	1
3	5	5	2	0	2	2	3	2

EER1	EER2	EGER	IER1	IER2	IER3	EIER1	EIER2	EGIER
0	0	0	0,4	0,47	0,6	0,07	0,13	0,2
-1	-2	-3	0,2	0,33	0,4	0,13	0,07	0,2
-2	0	-2	0,4	0,53	0,73	0,13	0,2	0,33
2	-1	1	0,33	0,6	0,47	0,27	-0,13	0,13
0	0	0	0,53	0,6	0,67	0,07	0,07	0,13
0	1	1	0,47	0,6	0,47	0,13	-0,13	0
-7	1	-6	0	0,67	0,73	0,67	0,07	0,73
-1	1	0	0,47	0,53	0,53	0,07	0	0,07
0	-5	-5	0,47	0,47	0,6	0	0,13	0,13
-1	3	2	0,47	0,53	0,4	0,07	-0,13	-0,07
-2	1	-1	0,27	0,4	0,6	0,13	0,2	0,33
-4	0	-4	0,27	0,67	0,6	0,4	-0,07	0,33
3	-3	0	0,4	0,53	0,73	0,13	0,2	0,33
-6	1	-5	0,6	0,53	0,47	-0,07	-0,07	-0,13
-5	0	-5	0,2	0,4	0,93	0,2	0,53	0,73
-1	0	-1	0,27	0,33	0,67	0,07	0,33	0,4
1	0	1	0,53	0,53	0,93	0	0,4	0,4
0	2	2	0,4	0,47	0,47	0,07	0	0,07
0	2	2	0,53	0,6	0,6	0,07	0	0,07
-1	-1	-2	0,53	0,6	0,6	0,07	0	0,07
-2	-3	-5	0,6	0,67	0,6	0,07	-0,07	0
-2	0	-2	0,4	0,53	0,6	0,13	0,07	0,2
-4	1	-3	0,6	0,53	0,6	-0,07	0,07	0
-2	-2	-4	0,27	0,6	0,53	0,33	-0,07	0,27
3	0	3	0,4	0,27	0,4	-0,13	0,13	0
-1	-1	-2	0,53	0,67	0,6	0,133	-0,07	0,07
-2	-3	-5	0,6	0,47	0,73	-0,13	0,27	0,13
0	0	0	0,4	0,4	0,6	0	0,2	0,2
1	0	1	0,53	0,53	0,8	0	0,27	0,27
1	-1	0	0,47	0,47	0,6	0	0,13	0,13
1	-1	0	0,47	0,53	0,6	0,07	0,07	0,13

PP2	PP3	EPP1
10	11	1
10	8	-2
8	12	4
9	9	0
10	8	-2
6	8	2
10	10	0
7	11	4
7	7	0
7	5	-2
9	6	-3
10	9	-1
8	9	1
6	8	2
8	10	2
4	2	-2
10	11	1
7	9	2
10	8	-2
7	10	3
4	6	2
11	11	0
6	10	4
10	9	-1
8	8	0
10	10	0
8	12	4
7	8	1
10	12	2
11	11	0
10	9	-1

RAVK1	RAVK2	RAVK3	ERAVK1	ERAVK2	EGRAVK	SM1	SM2	SM3
3	2	4	-1	2	1	1	4	5
2	2	0	0	-2	-2	1	3	4
1	1	3	0	2	2	3	3	6
0	2	2	2	0	2	0	0	3
1	2	3	1	1	2	4	5	5
1	3	4	2	1	3	3	3	4
2	3	2	1	-1	0	5	5	7
1	3	2	2	-1	1	1	4	4
0	3	3	3	0	3	3	3	6
3	1	1	-2	0	-2	4	4	6
0	0	3	0	3	3	2	4	5
1	4	3	3	-1	2	1	4	4
1	3	4	2	1	3	1	2	5
0	1	0	1	-1	0	2	2	3
4	2	4	-2	2	0	2	3	5
4	5	4	1	-1	0	2	5	7
1	5	3	4	-2	2	2	7	9
0	1	5	1	4	5	2	2	4
0	2	2	2	0	2	1	1	3
0	2	2	2	0	2	1	3	6
0	5	0	5	-5	0	0	2	2
3	3	5	0	2	2	0	3	3
0	3	5	3	2	5	2	2	5
1	4	2	3	-2	1	1	1	3
0	1	3	1	2	3	2	5	6
4	3	2	-1	-1	-2	0	0	1
0	0	1	0	1	1	2	2	5
3	6	4	3	-2	1	0	3	3
1	3	6	2	3	5	4	5	6
2	5	5	3	0	3	1	4	5
0	5	2	5	-3	2	1	2	4

ESM1	ESM2	EGSM	ICt1	TICt1	ICf1	TICf1	CI1	ICt2	TICt2	ICf2	TICf2	CI2
3	1	4	10	15	6	25	15	9	16	6	25	13
2	1	3	10	21	10	27	16	9	22	9	37	12
0	3	3	10	17	8	38	13	10	16	7	23	15
0	3	3	7	13	6	28	11	7	12	6	20	13
1	0	1	10	17	10	23	18	10	16	10	24	18
0	1	1	7	19	8	23	13	7	16	1	19	7
0	2	2	9	17	8	26	14	9	16	10	25	17
3	0	3	3	16	3	22	4	10	14	10	23	19
0	3	3	6	13	5	16	11	7	12	7	21	13
0	2	2	10	13	4	21	13	9	13	7	25	15
2	1	3	9	29	3	33	6	9	17	3	22	10
3	0	3	9	19	8	29	14	8	19	10	31	14
1	3	4	5	17	5	20	9	9	15	0	20	9
0	1	1	9	25	5	23	11	8	22	6	30	10
1	2	3	10	16	4	22	12	7	21	5	34	7
3	2	5	10	16	2	24	10	10	15	2	23	11
5	2	7	9	16	10	27	16	9	15	10	21	18
0	2	2	10	13	7	26	15	9	14	6	21	14
0	2	2	9	15	1	31	7	10	16	9	25	17
2	3	5	7	32	5	30	6	8	15	3	24	10
2	0	2	9	19	4	32	9	10	17	8	23	16
3	0	3	7	19	6	24	11	9	13	10	22	18
0	3	3	8	19	10	27	15	6	23	9	19	13
0	2	2	7	16	6	19	12	9	17	6	29	12
3	1	4	10	32	2	33	5	9	17	1	20	9
0	1	1	10	16	8	25	16	9	15	8	21	16
0	3	3	9	17	3	22	10	10	19	8	28	17
3	0	3	9	13	1	17	10	10	15	3	21	12
1	1	2	9	15	9	27	16	10	14	10	19	20
3	1	4	9	16	10	30	16	9	18	8	26	14
1	2	3	8	15	2	18	10	7	14	2	25	8

ICt3	TICt3	ICf3	TICf3	CI3	ECI1	ECI2	EGCI
9	14	9	21	17	-2	4	2
9	12	10	23	18	-4	6	2
10	15	10	22	19	2	4	6
10	15	8	21	17	2	4	6
9	12	9	18	18	0	0	0
9	14	7	30	14	-6	7	1
10	14	10	21	19	3	2	5
9	13	10	18	19	15	0	15
8	12	8	20	16	2	3	5
10	12	6	29	14	2	-1	1
6	13	5	24	10	4	0	4
10	17	10	22	18	0	4	4
9	13	10	21	18	0	9	9
8	14	3	21	10	-1	0	-1
10	13	9	21	18	-5	11	6
10	13	9	34	16	1	5	6
10	13	8	21	17	2	-1	1
10	14	8	23	17	-1	3	2
8	12	7	21	14	10	-3	7
6	30	8	35	8	4	-2	2
10	14	10	21	19	7	3	10
10	12	9	19	19	7	1	8
9	15	8	20	17	-2	4	2
8	14	9	20	17	0	5	5
10	12	10	19	20	4	11	15
7	18	10	21	15	0	-1	-1
10	16	8	22	16	7	-1	6
8	16	9	19	16	2	4	6
10	13	10	18	20	4	0	4
10	15	9	24	18	-2	4	2
8	14	6	20	14	-2	6	4

MCT1	MCT2	MCT3	EMCT1	EMCT2	EMCT
4	3	4	-1	1	0
5	5	5	0	0	0
4	4	5	0	1	1
4	4	4	0	0	0
3	3	4	0	1	1
4	4	4	0	0	0
3	4	4	1	0	1
3	4	4	1	0	1
2	2	3	0	1	1
3	3	4	0	1	1
3	3	3	0	0	0
4	4	4	0	0	0
3	4	4	1	0	1
3	4	3	1	-1	0
2	3	3	1	0	1
3	3	4	0	1	1
4	4	5	0	1	1
3	3	4	0	1	1
3	3	4	0	1	1
3	4	4	1	0	1
3	3	4	0	1	1
3	3	3	0	0	0
3	3	4	0	1	1
3	3	3	0	0	0
2	3	3	1	0	1
3	3	4	0	1	1
4	3	4	-1	1	0
4	3	4	-1	1	0
3	3	4	0	1	1
3	3	4	0	1	1
3	3	4	0	1	1

RVS1	RVS2	RVS3	ERVS1	ERVS2	EGRVS
12	15	15	3	0	3
7	9	16	2	7	9
12	15	15	3	0	3
10	13	14	3	1	4
5	9	14	4	5	9
10	1	10	-9	9	0
12	15	10	3	-5	-2
5	13	16	8	3	11
11	4	11	-7	7	0
10	10	11	0	1	1
8	8	10	0	2	2
12	12	21	0	9	9
8	9	19	1	10	11
11	14	15	3	1	4
4	4	17	0	13	13
8	8	8	0	0	0
10	21	17	11	-4	7
2	9	10	7	1	8
10	10	4	0	-6	-6
7	11	24	4	13	17
17	17	15	0	-2	-2
8	8	11	0	3	3
5	6	13	1	7	8
4	18	16	14	-2	12
1	14	16	13	2	15
4	10	14	6	4	10
5	13	13	8	0	8
4	6	12	2	6	8
15	15	15	0	0	0
10	10	12	0	2	2
6	12	12	6	0	6

PP4	LPM	TLPM	ELPM	ML1M	E1	E2	ET	MLC1M
9	4	25	9,6	34	4	2	6	28
9	4	45	5,33	6	1	1	2	4
10	5	24	12,5	36	3	1	4	32
9	3	26	6,92	18	5	2	7	11
9	5	26	11,53	36	2	0	2	34
9	5	34	8,82	35	3	1	4	31
11	5	30	10	21	0	0	0	21
12	5	16	18,75	41	2	2	4	37
8	3	31	5,80	21	3	1	4	17
7	3	39	4,61	19	4	3	7	12
9	4	25	9,6	12	2	2	4	8
12	4	16	15	52	2	1	3	49
10	4	38	6,31	15	3	0	3	12
8	4	30	8	16	2	0	2	14
8	2	31	3,87	16	4	2	6	10
9	3	23	7,82	10	2	0	2	8
9	4	38	6,31	17	2	2	4	13
10	4	22	10,90	25	9	0	9	16
12	3	25	7,2	24	1	0	1	23
12	2	26	4,61	24	1	0	1	23
9	2	27	4,44	16	4	1	5	11
11	4	15	16	38	1	2	3	35
12	4	24	10	28	2	0	2	26
9	4	21	11,42	32	0	2	2	30
8	3	56	3,21	11	2	1	3	8
9	5	30	10	21	5	0	5	16
12	5	50	6	16	1	0	1	15
9	3	22	8,18	28	4	0	4	24
13	5	29	10,34	49	0	0	0	49
9	4	56	4,28	10	3	0	3	7
7	2	21	5,71	21	5	0	5	16

4.2. Groupe expérimental

groupe	sujet	AC	PreL1	PreL2	PreL3	EPrel1
2	1	51	0	0	1	0
2	2	52	3	5	5	2
2	3	57	0	4	5	4
2	4	56	2	4	5	2
2	5	57	0	4	3	4
2	6	54	0	2	1	2
2	7	56	2	3	4	1
2	8	57	3	5	9	2
2	9	59	5	5	4	0
2	10	54	0	1	1	1
2	11	54	3	4	2	1
2	12	51	5	5	4	0
2	13	58	2	5	5	3
2	14	58	5	5	5	0
2	15	53	1	4	3	3
2	16	54	1	1	1	0
2	17	58	2	3	3	1
2	18	58	5	5	6	0
2	19	56	0	0	0	0
2	20	55	5	6	7	1
2	21	56	3	5	5	2
2	22	56	1	5	6	4
2	23	54	1	3	1	2
2	24	58	0	1	1	1
2	25	59	1	5	3	4
2	26	51	0	1	2	1
2	27	59	4	6	10	2
2	28	49	0	3	2	3
2	29	51	0	1	1	1
2	30	52	0	0	2	0

EPrel2	EGPrel	RPM1	RPM2	RPM3	ERPM1	ERPM2
1	1	15	19	19	4	0
0	2	15	17	18	2	1
1	5	10	17	18	7	1
1	3	10	16	19	6	3
-1	3	16	19	19	3	0
-1	1	16	19	20	3	1
1	2	14	19	19	5	0
4	6	18	18	19	0	1
-1	-1	15	20	20	5	0
0	1	12	16	18	4	2
-2	-1	18	19	19	1	0
-1	-1	17	18	19	1	1
0	3	17	18	18	1	0
0	0	18	19	20	1	1
-1	2	17	18	19	1	1
0	0	13	18	18	5	0
0	1	20	20	20	0	0
1	1	16	17	18	1	1
0	0	14	19	20	5	1
1	2	19	19	20	0	1
0	2	17	18	19	1	1
1	5	19	19	20	0	1
-2	0	12	18	18	6	0
0	1	11	16	18	5	2
-2	2	17	19	19	2	0
1	2	11	14	17	3	3
4	6	17	19	20	2	1
-1	2	19	20	20	1	0
0	1	19	19	20	0	1
2	2	16	19	19	3	0

EGRPM	SP1	SP2	ESP1	IR1	IR2	IR3
4	1	3	2	2	5	5
3	3	9	6	3	4	8
8	1	3	2	5	6	8
9	6	9	3	2	3	6
3	9	9	0	3	4	6
4	11	11	0	0	5	8
5	5	9	4	4	1	8
1	11	11	0	6	7	8
5	9	11	2	7	2	8
6	8	10	2	4	6	3
1	9	11	2	3	5	4
2	7	10	3	5	3	5
1	11	11	0	0	3	4
2	11	11	0	3	7	8
2	9	9	0	1	5	9
5	2	3	1	8	7	6
0	9	10	1	8	5	8
2	11	11	0	0	1	3
6	5	11	6	9	2	7
1	11	11	0	8	8	9
2	11	11	0	4	3	8
1	9	11	2	0	1	5
6	9	9	0	0	8	5
7	9	10	1	9	5	5
2	11	11	0	6	3	6
6	1	1	0	5	8	6
3	9	9	0	3	7	8
1	9	11	2	3	5	8
1	11	11	0	5	7	7
3	11	11	0	0	0	5

EIR1	EIR2	EGIR	ER1	ER2	ER3	EER1
3	0	3	1	3	1	2
1	4	5	1	1	1	0
1	2	3	3	4	1	1
1	3	4	1	2	1	1
1	2	3	0	1	0	1
5	3	8	0	1	0	1
-3	7	4	2	1	0	-1
1	1	2	1	1	1	0
-5	6	1	3	1	0	-2
2	-3	-1	2	2	0	0
2	-1	1	3	2	0	-1
-2	2	0	3	3	1	0
3	1	4	0	0	0	0
4	1	5	0	1	0	1
4	4	8	0	4	0	4
-1	-1	-2	6	5	2	-1
-3	3	0	4	1	1	-3
1	2	3	0	1	0	1
-7	5	-2	6	1	0	-5
0	1	1	3	1	0	-2
-1	5	4	2	0	1	-2
1	4	5	0	0	1	0
8	-3	5	0	1	0	1
-4	0	-4	6	4	1	-2
-3	3	0	4	2	1	-2
3	-2	1	3	6	2	3
4	1	5	2	0	0	-2
2	3	5	1	2	0	1
2	0	2	2	1	0	-1
0	5	5	0	1	0	1

EER2	EGER	IER1	IER2	IER3	EIER1	EIER2
-2	0	0,47	0,53	0,67	0,07	0,13
0	0	0,53	0,60	0,87	0,07	0,27
-3	-2	0,53	0,53	0,87	0,00	0,33
-1	0	0,47	0,47	0,73	0,00	0,27
-1	0	0,60	0,60	0,80	0,00	0,20
-1	0	0,40	0,67	0,93	0,27	0,27
-1	-2	0,53	0,40	0,93	-0,13	0,53
0	0	0,73	0,80	0,87	0,07	0,07
-1	-3	0,67	0,47	0,93	-0,20	0,47
-2	-2	0,53	0,67	0,60	0,13	-0,07
-2	-3	0,40	0,60	0,67	0,20	0,07
-2	-2	0,53	0,40	0,67	-0,13	0,27
0	0	0,40	0,60	0,67	0,20	0,07
-1	0	0,60	0,80	0,93	0,20	0,13
-4	0	0,47	0,47	1,00	0,00	0,53
-3	-4	0,53	0,53	0,67	0,00	0,13
0	-3	0,67	0,67	0,87	0,00	0,20
-1	0	0,40	0,40	0,60	0,00	0,20
-1	-6	0,60	0,47	0,87	-0,13	0,40
-1	-3	0,73	0,87	1,00	0,13	0,13
1	-1	0,53	0,60	0,87	0,07	0,27
1	1	0,40	0,47	0,67	0,07	0,20
-1	0	0,40	0,87	0,73	0,47	-0,13
-3	-5	0,60	0,47	0,67	-0,13	0,20
-1	-3	0,53	0,47	0,73	-0,07	0,27
-4	-1	0,53	0,53	0,67	0,00	0,13
0	-2	0,47	0,87	0,93	0,40	0,07
-2	-1	0,53	0,60	0,93	0,07	0,33
-1	-2	0,60	0,80	0,87	0,20	0,07
-1	0	0,40	0,33	0,73	-0,07	0,40

EGIER	PP2	PP3	EPP1	RAVK1	RAVK2	RAVK3
0,20	7	10	3	0	0	3
0,33	9	12	3	1	5	5
0,33	7	10	3	0	4	5
0,27	11	10	-1	0	4	5
0,20	10	11	1	0	3	5
0,53	8	10	2	0	3	5
0,40	10	11	1	4	4	6
0,13	11	12	1	0	1	4
0,27	9	12	3	2	5	6
0,07	10	10	0	2	2	4
0,27	12	12	0	2	4	5
0,13	11	12	1	2	4	5
0,27	10	12	2	2	6	6
0,33	11	13	2	0	4	6
0,53	9	12	3	0	3	4
0,13	8	10	2	1	1	1
0,20	11	12	1	3	3	5
0,20	9	10	1	0	0	4
0,27	10	11	1	0	2	4
0,27	10	12	2	5	5	5
0,33	9	10	1	1	2	4
0,27	10	10	0	0	3	4
0,33	8	9	1	0	4	4
0,07	7	8	1	0	2	3
0,20	11	11	0	3	3	5
0,13	8	9	1	1	4	4
0,47	10	13	3	0	3	6
0,40	9	13	4	1	4	6
0,27	10	11	1	2	4	5
0,33	8	9	1	0	1	3

ERAVK1	ERAVK2	EGRAVK	SM1	SM2	SM3	ESM1
0	3	3	1	1	3	0
4	0	4	3	6	8	3
4	1	5	2	4	5	2
4	1	5	1	2	4	1
3	2	5	1	6	7	5
3	2	5	4	7	8	3
0	2	2	1	8	8	7
1	3	4	2	2	6	0
3	1	4	4	6	6	2
0	2	2	0	4	5	4
2	1	3	3	5	6	2
2	1	3	0	3	5	3
4	0	4	2	3	7	1
4	2	6	1	3	8	2
3	1	4	1	4	9	3
0	0	0	0	2	4	2
0	2	2	2	6	7	4
0	4	4	1	1	4	0
2	2	4	1	5	6	4
0	0	0	2	5	6	3
1	2	3	2	4	6	2
3	1	4	6	9	10	3
4	0	4	1	4	4	3
2	1	3	2	2	4	0
0	2	2	4	10	12	6
3	0	3	1	3	6	2
3	3	6	1	5	6	4
3	2	5	2	5	8	3
2	1	3	1	4	6	3
1	2	3	1	3	6	2

ESM2	EGSM	ICt1	TICt1	ICf1	TICf1	CI1
2	2	9	21	3	19	10
2	5	10	18	1	21	9
1	3	8	20	10	21	16
2	3	7	25	3	22	7
1	6	10	15	1	17	11
1	4	10	14	5	27	13
0	7	10	17	0	22	8
4	4	9	17	3	25	10
0	2	8	17	5	27	10
1	5	8	20	6	31	10
1	3	10	26	7	28	12
2	5	10	20	6	38	11
4	5	10	20	7	34	13
5	7	9	20	9	26	15
5	8	9	16	4	22	11
2	4	9	17	2	25	9
1	5	7	20	7	32	10
3	3	9	17	7	23	14
1	5	8	17	2	23	8
1	4	10	15	10	25	19
2	4	10	15	0	17	10
1	4	9	15	1	25	9
0	3	9	18	1	18	9
2	2	4	17	3	24	5
2	8	10	21	9	23	16
3	5	9	18	7	29	13
1	5	9	16	6	34	11
3	6	9	19	4	35	9
2	5	10	17	10	32	16
3	5	7	18	1	18	7

ICt2	TICt2	ICf2	TICf2	CI2	ICt3	TICt3
7	23	3	25	7	9	14
10	15	4	20	14	10	14
9	14	0	15	9	10	13
9	14	3	17	12	10	12
9	13	10	21	18	10	12
10	21	10	24	17	10	14
9	15	0	18	9	10	15
9	15	6	29	13	10	14
10	18	7	28	14	10	15
8	15	7	29	13	9	12
10	21	8	26	14	10	14
8	17	7	30	12	10	16
10	17	1	21	9	10	13
10	18	10	21	18	10	15
9	15	8	22	16	10	15
9	19	10	26	16	10	14
8	13	8	26	14	10	13
9	18	7	29	13	10	14
9	13	4	23	12	10	15
10	16	10	19	19	9	12
8	15	7	24	14	9	11
10	11	9	16	19	10	12
7	19	5	27	9	9	18
8	17	6	22	12	8	16
9	15	8	22	16	9	12
8	18	9	22	15	9	12
10	19	9	26	16	10	17
8	19	9	28	14	10	14
10	17	9	30	16	10	13
8	19	6	32	10	10	16

ICf3	TICf3	CI3	ECI1	ECI2	EGCI
4	16	13	-3	6	3
9	25	18	5	4	9
10	27	18	-7	9	2
10	20	20	5	8	13
10	21	19	7	1	8
9	21	18	4	1	5
8	21	17	1	8	9
10	23	19	3	6	9
10	21	19	4	5	9
9	26	16	3	3	6
9	19	19	2	5	7
9	30	16	1	4	5
8	23	17	-4	8	4
10	18	20	3	2	5
9	19	19	5	3	8
8	23	17	7	1	8
9	18	19	4	5	9
9	17	19	-1	6	5
7	35	14	4	2	6
9	17	18	0	-1	-1
9	15	18	4	4	8
10	18	20	10	1	11
7	25	14	0	5	5
3	17	10	7	-2	5
7	17	16	0	0	0
6	21	14	2	-1	1
9	20	18	5	2	7
10	23	19	5	5	10
10	26	18	0	2	2
10	24	18	3	8	11

MCT1	MCT2	MCT3	EMCT1	EMCT2	EGMCT
3	3	3	0	0	0
3	3	4	0	1	1
3	4	4	1	0	1
3	3	3	0	0	0
3	3	4	0	1	1
3	3	3	0	0	0
3	4	4	1	0	1
3	3	4	0	1	1
4	4	4	0	0	0
3	3	3	0	0	0
4	4	4	0	0	0
3	4	4	1	0	1
3	3	4	0	1	1
3	4	4	1	0	1
3	4	4	1	0	1
3	3	4	0	1	1
3	4	4	1	0	1
3	3	4	0	1	1
3	4	4	1	0	1
4	4	4	0	0	0
3	3	3	0	0	0
3	3	4	0	1	1
2	3	3	1	0	1
2	3	3	1	0	1
4	5	6	1	1	2
3	3	3	0	0	0
3	4	4	1	0	1
4	4	4	0	0	0
3	4	4	1	0	1
3	4	4	1	0	1

RVS1	RVS2	RVS3	ERVS1	ERVS2	EGRVS	PP4
2	4	14	2	10	12	10
2	2	16	0	14	14	15
7	7	7	0	0	0	13
5	9	20	4	11	15	11
10	11	21	1	10	11	10
3	12	16	9	4	13	10
3	11	16	8	5	13	11
13	14	23	1	9	10	15
8	15	17	7	2	9	12
12	15	23	3	8	11	11
9	10	17	1	7	8	11
2	5	16	3	11	14	10
0	16	16	16	0	16	11
9	14	17	5	3	8	12
11	14	14	3	0	3	12
0	7	12	7	5	12	9
7	8	17	1	9	10	14
13	17	20	4	3	7	14
7	7	20	0	13	13	11
12	19	25	7	6	13	14
11	15	19	4	4	8	10
10	10	10	0	0	0	11
10	10	10	0	0	0	11
7	8	9	1	1	2	9
4	11	23	7	12	19	13
8	8	15	0	7	7	14
13	18	23	5	5	10	12
4	8	13	4	5	9	11
4	12	16	8	4	12	11
9	9	9	0	0	0	10

LPM	TLPM	ELPM	ML1M	E1	E2	ET	MLC1M
5	26	11,53	20	0	1	1	19
6	26	13,84	35	0	1	1	35
6	12	30	56	0	1	1	55
6	22	16,36	39	1	1	2	37
4	17	14,11	22	1	1	2	20
4	28	8,57	18	0	2	2	16
4	39	6,15	13	2	0	2	11
6	8	45	73	0	1	1	72
6	13	27,69	46	0	2	2	44
5	11	27,27	29	1	2	3	26
5	21	14,28	23	1	1	2	21
5	30	10	12	1	0	1	11
4	34	7,05	15	0	1	1	14
5	30	10	21	0	0	0	21
5	21	14,28	46	2	1	3	43
5	42	7,14	11	2	0	2	9
4	17	14,11	27	3	0	3	24
6	15	24	36	0	1	1	35
6	26	13,84	29	0	0	0	29
6	24	15	21	0	2	2	19
6	25	14,4	24	0	0	0	24
6	22	16,36	27	1	2	3	24
5	18	16,66	54	1	2	3	51
5	22	13,63	24	3	0	3	21
6	10	36	51	1	1	2	49
6	11	32,72	42	0	1	1	41
6	29	12,41	34	1	1	2	32
6	25	14,4	36	0	1	1	35
6	15	24	38	0	1	1	37
4	45	5,33	11	0	2	2	9

5. Statistiques descriptives en fonction des groupes

Descriptive Statistics

Groupe		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1,00	AC	31	48,00	59,00	54,8387	3,03421
	Prel1	31	,00	5,00	1,8065	1,72084
	Prel2	31	,00	8,00	3,0323	2,10529
	Prel3	31	,00	9,00	3,3226	2,41367
	RPM1	31	8,00	19,00	15,0968	2,65022
	RPM2	31	14,00	20,00	17,2903	1,50982
	RPM3	31	16,00	20,00	17,8387	1,00322
	SP1	31	3,00	11,00	7,7097	2,78321
	SP2	31	3,00	11,00	9,9355	1,78765
	IR1	31	,00	9,00	2,9355	2,76810
	IR2	31	,00	8,00	3,3871	1,94384
	IR3	31	2,00	9,00	4,4194	1,92828
	ER1	31	,00	8,00	2,6452	2,51062
	ER2	31	,00	5,00	1,6129	1,56370
	ER3	31	,00	4,00	1,2903	1,03902
	IER1	31	,00	,60	,4194	,14110
	IER2	31	,27	,67	,5183	,10286
	IER3	31	,40	,93	,6086	,13416
	PP2	31	4,00	11,00	8,3226	1,92158
	PP3	31	2,00	12,00	8,9355	2,20508
	RAVK1	31	,00	4,00	1,2581	1,36547
	RAVK2	31	,00	6,00	2,7419	1,56988
	RAVK3	31	,00	6,00	2,8710	1,56508
	SM1	31	,00	5,00	1,7419	1,31574
	SM2	31	,00	7,00	3,0968	1,57808
	SM3	31	1,00	9,00	4,6452	1,64415
	MCT1	31	2,00	5,00	3,2258	,66881
	MCT2	31	2,00	5,00	3,3548	,60819
	MCT3	31	3,00	5,00	3,8710	,56225
	CI1	31	4,00	18,00	11,7419	3,65119
	CI2	31	7,00	20,00	13,4516	3,62251
	CI3	31	8,00	20,00	16,3871	2,91750
	RVS1	31	1,00	17,00	8,1613	3,76914
	RVS2	31	1,00	21,00	10,9355	4,38129
	RVS3	31	4,00	24,00	13,7419	3,88130
	PP4	31	7,00	13,00	9,6774	1,62043
	LPM	31	2,00	5,00	3,7742	,99028
	TLPM	31	15,00	56,00	29,7097	10,58676
	ELPM	31	3,21	18,75	8,4889	3,72121
	ML1M	31	6,00	52,00	24,1290	11,56357
	E1	31	,00	9,00	2,6452	1,87169
	E2	31	,00	3,00	,8387	,93441
	ET	31	,00	9,00	3,4839	2,11141
	MLC1M	31	4,00	49,00	20,6452	11,96258
	Valid N (listwise)	31				
2,00	AC	30	49,00	59,00	55,1000	2,85693
	Prel1	30	,00	5,00	1,8000	1,86437
	Prel2	30	,00	6,00	3,3667	1,92055
	Prel3	30	,00	10,00	3,5667	2,47307
	RPM1	30	10,00	20,00	15,6000	2,87198

RPM2	30	14,00	20,00	18,2000	1,37465
RPM3	30	17,00	20,00	19,0000	,87099
SP1	30	1,00	11,00	7,9667	3,37826
SP2	30	1,00	11,00	9,2667	2,83978
IR1	30	,00	9,00	3,8667	2,86156
IR2	30	,00	8,00	4,5333	2,31537
IR3	30	3,00	9,00	6,4667	1,75643
ER1	30	,00	6,00	1,9667	1,88430
ER2	30	,00	6,00	1,7667	1,52414
ER3	30	,00	2,00	,5000	,62972
IER1	30	,40	,73	,5260	,09754
IER2	30	,33	,87	,5853	,15287
IER3	30	,60	1,00	,7983	,12463
PP2	30	7,00	12,00	9,4333	1,35655
PP3	30	8,00	13,00	10,9000	1,32222
RAVK1	30	,00	5,00	1,0667	1,36289
RAVK2	30	,00	6,00	3,1000	1,49366
RAVK3	30	1,00	6,00	4,5667	1,13512
SM1	30	,00	6,00	1,7667	1,35655
SM2	30	1,00	10,00	4,4000	2,20657
SM3	30	3,00	12,00	6,3333	1,97105
MCT1	30	2,00	4,00	3,1000	,48066
MCT2	30	3,00	5,00	3,5333	,57135
MCT3	30	3,00	6,00	3,8000	,61026
CI1	30	5,00	19,00	11,0333	3,15664
CI2	30	7,00	19,00	13,6667	3,17678
CI3	30	10,00	20,00	17,3333	2,33907
RVS1	30	,00	13,00	7,1667	4,00933
RVS2	30	2,00	19,00	10,8667	4,19962
RVS3	30	7,00	25,00	16,4667	4,70314
PP4	30	9,00	15,00	11,6000	1,69380
LPM	30	4,00	6,00	5,3000	,79438
TLPM	30	8,00	45,00	22,8000	9,38598
ELPM	30	5,33	45,00	17,2078	9,52048
ML1M	30	11,00	73,00	31,1000	15,07533
E1	30	,00	3,00	,7000	,91539
E2	30	,00	2,00	,9667	,71840
ET	30	,00	3,00	1,6667	,92227
MLC1M	30	9,00	72,00	29,4667	15,09906
Valid N (listwise)	30				

6. Tests de normalité en fonction des groupes

Tests of Normality

Groupe		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1,00	AC	,133	31	,173	,929	31	,042
	Prel1	,196	31	,004	,862	31	,001
	Prel2	,155	31	,055	,932	31	,049
	Prel3	,160	31	,043	,945	31	,116
	RPM1	,121	31	,200*	,947	31	,125
	RPM2	,166	31	,030	,936	31	,063
	RPM3	,218	31	,001	,899	31	,007
	SP1	,195	31	,004	,884	31	,003
	SP2	,276	31	,000	,647	31	,000
	IR1	,265	31	,000	,806	31	,000
	IR2	,192	31	,005	,954	31	,207
	IR3	,231	31	,000	,875	31	,002
	ER1	,214	31	,001	,857	31	,001
	ER2	,233	31	,000	,863	31	,001
	ER3	,255	31	,000	,881	31	,002
	IER1	,187	31	,007	,913	31	,015
	IER2	,203	31	,002	,931	31	,048
	IER3	,235	31	,000	,910	31	,013
	PP2	,228	31	,000	,898	31	,006
	PP3	,174	31	,017	,917	31	,019
	RAVK1	,252	31	,000	,820	31	,000
	RAVK2	,177	31	,015	,941	31	,087
	RAVK3	,130	31	,192	,950	31	,161
	SM1	,197	31	,003	,904	31	,009
	SM2	,137	31	,143	,956	31	,232
	SM3	,134	31	,167	,961	31	,303
	MCT1	,342	31	,000	,803	31	,000
	MCT2	,365	31	,000	,758	31	,000
	MCT3	,365	31	,000	,733	31	,000
	CI1	,104	31	,200*	,956	31	,227
	CI2	,094	31	,200*	,969	31	,487
	CI3	,196	31	,004	,863	31	,001
	RVS1	,139	31	,134	,969	31	,494
	RVS2	,101	31	,200*	,987	31	,964
	RVS3	,119	31	,200*	,968	31	,461
	PP4	,275	31	,000	,890	31	,004
	LPM	,235	31	,000	,868	31	,001
	TLPM	,193	31	,005	,888	31	,004
	ELPM	,107	31	,200*	,936	31	,066
	ML1M	,155	31	,056	,945	31	,113
	E1	,183	31	,010	,896	31	,006
	E2	,299	31	,000	,788	31	,000
	ET	,145	31	,094	,959	31	,276
	MLC1M	,168	31	,026	,921	31	,025
2,00	AC	,157	30	,057	,933	30	,059
	Prel1	,200	30	,004	,830	30	,000
	Prel2	,202	30	,003	,874	30	,002

Prel3	,137	30	,159	,920	30	,027
RPM1	,155	30	,062	,930	30	,050
RPM2	,253	30	,000	,855	30	,001
RPM3	,208	30	,002	,848	30	,001
SP1	,287	30	,000	,800	30	,000
SP2	,329	30	,000	,635	30	,000
IR1	,119	30	,200*	,930	30	,049
IR2	,147	30	,099	,946	30	,128
IR3	,242	30	,000	,897	30	,007
ER1	,163	30	,041	,869	30	,002
ER2	,293	30	,000	,833	30	,000
ER3	,353	30	,000	,718	30	,000
IER1	,184	30	,011	,909	30	,014
IER2	,162	30	,044	,921	30	,029
IER3	,217	30	,001	,892	30	,005
PP2	,195	30	,005	,931	30	,051
PP3	,197	30	,004	,924	30	,034
RAVK1	,283	30	,000	,784	30	,000
RAVK2	,193	30	,006	,935	30	,067
RAVK3	,215	30	,001	,873	30	,002
SM1	,247	30	,000	,842	30	,000
SM2	,139	30	,146	,947	30	,141
SM3	,200	30	,003	,932	30	,055
MCT1	,416	30	,000	,652	30	,000
MCT2	,325	30	,000	,717	30	,000
MCT3	,362	30	,000	,643	30	,000
CI1	,171	30	,025	,953	30	,201
CI2	,108	30	,200*	,960	30	,315
CI3	,246	30	,000	,850	30	,001
RVS1	,119	30	,200*	,943	30	,111
RVS2	,106	30	,200*	,981	30	,843
RVS3	,127	30	,200*	,963	30	,372
PP4	,238	30	,000	,909	30	,014
LPM	,311	30	,000	,758	30	,000
TLPM	,100	30	,200*	,960	30	,301
ELPM	,256	30	,000	,869	30	,002
ML1M	,122	30	,200*	,943	30	,113
E1	,311	30	,000	,750	30	,000
E2	,252	30	,000	,810	30	,000
ET	,208	30	,002	,881	30	,003
MLC1M	,141	30	,130	,943	30	,107

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

7. Etudes corrélatives

4.3. Corrélations en début de MSM

Corrélations

Control Variables			Prel1	RPM1	SP1	IR1	ER1	IER1	RAVK1	SM1	MCT1	CI1
AC & RVS1	Prel1	Correlation	1,000	,511	-,073	,150	-,189	,457	-,013	,269	,012	,444
		Significance (2-tailed)	.	,005	,709	,438	,327	,013	,947	,158	,952	,016
		df	0	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	RPM1	Correlation	,511	1,000	-,067	,058	-,023	,297	-,039	,151	,081	,167
		Significance (2-tailed)	,005	.	,730	,767	,907	,118	,840	,434	,678	,387
		df	27	0	27	27	27	27	27	27	27	27
	SP1	Correlation	-,073	-,067	1,000	-,280	-,216	-,113	,021	,046	,315	-,081
		Significance (2-tailed)	,709	,730	.	,142	,261	,558	,914	,811	,096	,675
		df	27	27	0	27	27	27	27	27	27	27
	IR1	Correlation	,150	,058	-,280	1,000	,722	,439	-,052	-,012	-,229	,030
		Significance (2-tailed)	,438	,767	,142	.	,000	,017	,790	,950	,233	,879
		df	27	27	27	0	27	27	27	27	27	27
	ER1	Correlation	-,189	-,023	-,216	,722	1,000	-,164	,097	-,012	-,135	-,015
		Significance (2-tailed)	,327	,907	,261	,000	.	,395	,617	,952	,483	,940
		df	27	27	27	27	0	27	27	27	27	27
	IER1	Correlation	,457	,297	-,113	,439	-,164	1,000	-,374	,038	-,082	,054
		Significance (2-tailed)	,013	,118	,558	,017	,395	.	,046	,845	,673	,782
		df	27	27	27	27	27	0	27	27	27	27
	RAVK1	Correlation	-,013	-,039	,021	-,052	,097	-,374	1,000	-,077	,116	,371
		Significance (2-tailed)	,947	,840	,914	,790	,617	,046	.	,693	,548	,048
		df	27	27	27	27	27	27	0	27	27	27
	SM1	Correlation	,269	,151	,046	-,012	-,012	,038	-,077	1,000	-,268	,246
		Significance (2-tailed)	,158	,434	,811	,950	,952	,845	,693	.	,160	,198
		df	27	27	27	27	27	27	27	0	27	27
	MCT1	Correlation	,012	,081	,315	-,229	-,135	-,082	,116	-,268	1,000	,243
		Significance (2-tailed)	,952	,678	,096	,233	,483	,673	,548	,160	.	,204
		df	27	27	27	27	27	27	27	27	0	27
	CI1	Correlation	,444	,167	-,081	,030	-,015	,054	,371	,246	,243	1,000
		Significance (2-tailed)	,016	,387	,675	,879	,940	,782	,048	,198	,204	.
		df	27	27	27	27	27	27	27	27	27	0

4.4. Corrélations en fin de MSM

Correlations

Control Variables			Prel2	RPM2	SP2	IR2	ER2	IER2	PP2	RAVK2	SM2	MCT2	CI2
AC & RVS2	Prel2	Correlation	1,000	,310	-,065	-,181	-,262	-,048	,336	,052	-,095	-,232	,344
		Significance (2-tailed)	.	,102	,737	,347	,171	,804	,074	,790	,624	,225	,067
		df	0	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	RPM2	Correlation	,310	1,000	,130	,033	-,189	,157	,113	-,223	,117	,149	,528
		Significance (2-tailed)	,102	.	,500	,864	,326	,415	,561	,245	,547	,439	,003
		df	27	0	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	SP2	Correlation	-,065	,130	1,000	-,236	-,014	-,283	,003	-,072	,417	-,015	,058
		Significance (2-tailed)	,737	,500	.	,217	,941	,138	,988	,712	,025	,938	,763
		df	27	27	0	27	27	27	27	27	27	27	27
	IR2	Correlation	-,181	,033	-,236	1,000	,647	,587	,002	,409	-,438	,015	,060
		Significance (2-tailed)	,347	,864	,217	.	,000	,001	,993	,028	,017	,939	,755
		df	27	27	27	0	27	27	27	27	27	27	27
	ER2	Correlation	-,262	-,189	-,014	,647	1,000	-,198	-,089	,306	-,187	-,157	-,238
		Significance (2-tailed)	,171	,326	,941	,000	.	,304	,645	,107	,330	,416	,213
		df	27	27	27	27	0	27	27	27	27	27	27
	IER2	Correlation	-,048	,157	-,283	,587	-,198	1,000	,076	,239	-,327	,223	,255
		Significance (2-tailed)	,804	,415	,138	,001	,304	.	,693	,211	,083	,245	,182
		df	27	27	27	27	27	0	27	27	27	27	27
	PP2	Correlation	,336	,113	,003	,002	-,089	,076	1,000	,089	,105	-,095	,281
		Significance (2-tailed)	,074	,561	,988	,993	,645	,693	.	,648	,588	,624	,140
		df	27	27	27	27	27	27	0	27	27	27	27
	RAVK2	Correlation	,052	-,223	-,072	,409	,306	,239	,089	1,000	,069	-,074	,058
		Significance (2-tailed)	,790	,245	,712	,028	,107	,211	,648	.	,722	,703	,764
		df	27	27	27	27	27	27	27	0	27	27	27
	SM2	Correlation	-,095	,117	,417	-,438	-,187	-,327	,105	,069	1,000	,025	,188
		Significance (2-tailed)	,624	,547	,025	,017	,330	,083	,588	,722	.	,896	,329
		df	27	27	27	27	27	27	27	27	0	27	27
	MCT2	Correlation	-,232	,149	-,015	,015	-,157	,223	-,095	-,074	,025	1,000	-,187
		Significance (2-tailed)	,225	,439	,938	,939	,416	,245	,624	,703	,896	.	,332
		df	27	27	27	27	27	27	27	27	27	0	27
	CI2	Correlation	,344	,528	,058	,060	-,238	,255	,281	,058	,188	-,187	1,000
		Significance (2-tailed)	,067	,003	,763	,755	,213	,182	,140	,764	,329	,332	.
		df	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	0

4.5. Corrélations en fin de MSM sous condition de contrôle de l'inhibition

Correlations

Control Variables			Prel2	RPM2	SP2	IR2	ER2	IER2	PP2	RAVK2	SM2	MCT2
AC & RVS2 & CI2	Prel2	Correlation	1,000	,161	-,091	-,216	-,197	-,150	,266	,034	-,173	-,182
		Significance (2-tailed)	.	,414	,645	,271	,315	,446	,171	,864	,378	,353
		df	0	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	RPM2	Correlation	,161	1,000	,117	,001	-,076	,027	-,044	-,299	,021	,297
		Significance (2-tailed)	,414	.	,552	,994	,699	,890	,825	,122	,915	,125
		df	26	0	26	26	26	26	26	26	26	26
	SP2	Correlation	-,091	,117	1,000	-,241	-,001	-,308	-,014	-,075	,414	-,004
		Significance (2-tailed)	,645	,552	.	,218	,998	,111	,943	,703	,029	,983
		df	26	26	0	26	26	26	26	26	26	26
	IR2	Correlation	-,216	,001	-,241	1,000	,682	,592	-,016	,407	-,459	,027
		Significance (2-tailed)	,271	,994	,218	.	,000	,001	,936	,032	,014	,893
		df	26	26	26	0	26	26	26	26	26	26
	ER2	Correlation	-,197	-,076	-,001	,682	1,000	-,146	-,024	,330	-,150	-,211
		Significance (2-tailed)	,315	,699	,998	,000	.	,459	,903	,087	,448	,281
		df	26	26	26	26	0	26	26	26	26	26
	IER2	Correlation	-,150	,027	-,308	,592	-,146	1,000	,005	,233	-,395	,285
		Significance (2-tailed)	,446	,890	,111	,001	,459	.	,979	,233	,038	,142
		df	26	26	26	26	26	0	26	26	26	26
	PP2	Correlation	,266	-,044	-,014	-,016	-,024	,005	1,000	,075	,056	-,045
		Significance (2-tailed)	,171	,825	,943	,936	,903	,979	.	,703	,779	,820
		df	26	26	26	26	26	26	0	26	26	26
	RAVK2	Correlation	,034	-,299	-,075	,407	,330	,233	,075	1,000	,059	-,064
		Significance (2-tailed)	,864	,122	,703	,032	,087	,233	,703	.	,765	,745
		df	26	26	26	26	26	26	26	0	26	26
	SM2	Correlation	-,173	,021	,414	-,459	-,150	-,395	,056	,059	1,000	,063
		Significance (2-tailed)	,378	,915	,029	,014	,448	,038	,779	,765	.	,751
		df	26	26	26	26	26	26	26	26	0	26
	MCT2	Correlation	-,182	,297	-,004	,027	-,211	,285	-,045	-,064	,063	1,000
		Significance (2-tailed)	,353	,125	,983	,893	,281	,142	,820	,745	,751	.
		df	26	26	26	26	26	26	26	26	26	0

4.6.Corrélations en fin de GSM

Correlations

Control Variables			Prel3	RPM3	IR3	ER3	IER3	PP3	RAVK3	SM3	MCT3	CI3
AC & RVS3	Prel3	Correlation	1,000	,371	,427	-,183	,487	,464	,436	,191	-,032	,351
		Significance (2-tailed)	.	,048	,021	,343	,007	,011	,018	,321	,868	,062
		df	0	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	RPM3	Correlation	,371	1,000	,336	-,097	,380	,473	,237	,191	,267	,520
		Significance (2-tailed)	,048	.	,074	,616	,042	,010	,215	,321	,162	,004
		df	27	0	27	27	27	27	27	27	27	27
	IR3	Correlation	,427	,336	1,000	,132	,847	,433	,243	,463	,273	,240
		Significance (2-tailed)	,021	,074	.	,496	,000	,019	,204	,011	,153	,209
		df	27	27	0	27	27	27	27	27	27	27
	ER3	Correlation	-,183	-,097	,132	1,000	-,379	-,164	-,240	,076	,127	,083
		Significance (2-tailed)	,343	,616	,496	.	,042	,396	,210	,694	,511	,669
		df	27	27	27	0	27	27	27	27	27	27
	IER3	Correlation	,487	,380	,847	-,379	1,000	,456	,338	,457	,196	,201
		Significance (2-tailed)	,007	,042	,000	,042	.	,013	,073	,013	,308	,296
		df	27	27	27	27	0	27	27	27	27	27
	PP3	Correlation	,464	,473	,433	-,164	,456	1,000	,354	,120	,230	,320
		Significance (2-tailed)	,011	,010	,019	,396	,013	.	,060	,537	,230	,090
		df	27	27	27	27	27	0	27	27	27	27
	RAVK3	Correlation	,436	,237	,243	-,240	,338	,354	1,000	,256	-,076	,346
		Significance (2-tailed)	,018	,215	,204	,210	,073	,060	.	,180	,697	,066
		df	27	27	27	27	27	27	0	27	27	27
	SM3	Correlation	,191	,191	,463	,076	,457	,120	,256	1,000	,154	,148
		Significance (2-tailed)	,321	,321	,011	,694	,013	,537	,180	.	,426	,445
		df	27	27	27	27	27	27	27	0	27	27
	MCT3	Correlation	-,032	,267	,273	,127	,196	,230	-,076	,154	1,000	,089
		Significance (2-tailed)	,868	,162	,153	,511	,308	,230	,697	,426	.	,646
		df	27	27	27	27	27	27	27	27	0	27
	CI3	Correlation	,351	,520	,240	,083	,201	,320	,346	,148	,089	1,000
		Significance (2-tailed)	,062	,004	,209	,669	,296	,090	,066	,445	,646	.
		df	27	27	27	27	27	27	27	27	27	0

4.7. Corrélation en fin de GSM sous condition de contrôle de l'inhibition

Correlations

Control Variables			Prel3	RPM3	IR3	ER3	IER3	PP3	RAVK3	SM3	MCT3
AC & RVS3 & CI3	Prel3	Correlation	1,000	,235	,377	-,227	,454	,396	,358	,150	-,068
		Significance (2-tailed)	.	,228	,048	,246	,015	,037	,061	,445	,731
		df	0	26	26	26	26	26	26	26	26
	RPM3	Correlation	,235	1,000	,255	-,165	,329	,379	,071	,135	,259
		Significance (2-tailed)	,228	.	,190	,402	,087	,047	,718	,492	,183
		df	26	0	26	26	26	26	26	26	26
	IR3	Correlation	,377	,255	1,000	,116	,840	,387	,176	,446	,260
		Significance (2-tailed)	,048	,190	.	,558	,000	,042	,372	,017	,182
		df	26	26	0	26	26	26	26	26	26
	ER3	Correlation	-,227	-,165	,116	1,000	-,406	-,201	-,287	,065	,121
		Significance (2-tailed)	,246	,402	,558	.	,032	,304	,138	,742	,541
		df	26	26	26	0	26	26	26	26	26
	IER3	Correlation	,454	,329	,840	-,406	1,000	,422	,292	,441	,183
		Significance (2-tailed)	,015	,087	,000	,032	.	,025	,131	,019	,352
		df	26	26	26	26	0	26	26	26	26
	PP3	Correlation	,396	,379	,387	-,201	,422	1,000	,273	,077	,213
		Significance (2-tailed)	,037	,047	,042	,304	,025	.	,160	,697	,276
		df	26	26	26	26	26	0	26	26	26
	RAVK3	Correlation	,358	,071	,176	-,287	,292	,273	1,000	,221	-,114
		Significance (2-tailed)	,061	,718	,372	,138	,131	,160	.	,258	,564
		df	26	26	26	26	26	26	0	26	26
	SM3	Correlation	,150	,135	,446	,065	,441	,077	,221	1,000	,143
		Significance (2-tailed)	,445	,492	,017	,742	,019	,697	,258	.	,469
		df	26	26	26	26	26	26	26	0	26
	MCT3	Correlation	-,068	,259	,260	,121	,183	,213	-,114	,143	1,000
		Significance (2-tailed)	,731	,183	,182	,541	,352	,276	,564	,469	.
		df	26	26	26	26	26	26	26	26	0

4.8. Corrélations entre RAVK3 et PRel3 sou condition de contrôle de la conscience phonologique (variable PP3)

Corrélations

Control Variables			Prel3	RAVK3
AC & RVS3 & PP3	Prel3	Correlation	1,000	,329
		Significance (2-tailed)	.	,088
		df	0	26
	RAVK3	Correlation	,329	1,000
		Significance (2-tailed)	,088	.
		df	26	0

8. Test de normalité des variables score Z (groupe contrôle n=24)

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Zscore(Prel1)	,175	24	,055	,842	24	,002
Zscore(Prel2)	,165	24	,092	,938	24	,147
Zscore(Prel3)	,187	24	,030	,926	24	,078
Zscore(RPM1)	,139	24	,200*	,952	24	,303
Zscore(RPM2)	,153	24	,151	,942	24	,179
Zscore(RPM3)	,228	24	,002	,894	24	,016
Zscore(SP1)	,238	24	,001	,856	24	,003
Zscore(SP2)	,297	24	,000	,706	24	,000
Zscore(IR1)	,238	24	,001	,827	24	,001
Zscore(IR2)	,196	24	,018	,951	24	,283
Zscore(IR3)	,197	24	,017	,920	24	,058
Zscore(ER1)	,226	24	,003	,843	24	,002
Zscore(ER2)	,222	24	,003	,848	24	,002
Zscore(ER3)	,230	24	,002	,814	24	,001
Zscore(IER1)	,157	24	,131	,933	24	,114
Zscore(IER2)	,167	24	,083	,938	24	,150
Zscore(IER3)	,257	24	,000	,905	24	,027
Zscore(PP2)	,244	24	,001	,895	24	,017
Zscore(PP3)	,172	24	,065	,935	24	,125
Zscore(RAVK1)	,264	24	,000	,806	24	,000
Zscore(RAVK2)	,176	24	,052	,951	24	,279
Zscore(RAVK3)	,148	24	,186	,946	24	,224
Zscore(SM1)	,272	24	,000	,873	24	,006
Zscore(SM2)	,168	24	,079	,940	24	,160
Zscore(SM3)	,162	24	,106	,928	24	,088
Zscore(CI1)	,111	24	,200*	,963	24	,506
Zscore(CI2)	,096	24	,200*	,976	24	,819
Zscore(CI3)	,194	24	,020	,860	24	,003
Zscore(MCT1)	,366	24	,000	,770	24	,000
Zscore(MCT2)	,344	24	,000	,790	24	,000
Zscore(MCT3)	,384	24	,000	,711	24	,000
Zscore(RVS1)	,118	24	,200*	,965	24	,550
Zscore(RVS2)	,111	24	,200*	,972	24	,716
Zscore(RVS3)	,177	24	,051	,943	24	,190
Zscore(PP4)	,285	24	,000	,873	24	,006
Zscore(LPM)	,258	24	,000	,851	24	,002
Zscore(TLPM)	,189	24	,027	,876	24	,007
Zscore(ELPM)	,105	24	,200*	,929	24	,093
Zscore(ML1M)	,121	24	,200*	,963	24	,508
Zscore(E1)	,159	24	,121	,898	24	,019
Zscore(E2)	,312	24	,000	,751	24	,000
Zscore(ET)	,154	24	,144	,951	24	,287
Zscore(MLC1M)	,172	24	,064	,940	24	,167
Zscore(AC)	,162	24	,104	,958	24	,399

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

9. Corrélations, pour les variables score Z respectant la loie normale, n=24

Control Variables			Zscore(Prel2)	Zscore(Prel3)	Zscore(RPM2)	Zscore(IR2)	Zscore(IR3)	Zscore(IER2)	Zscore(PP3)	Zscore(RAVK2)	Zscore(RAVK3)	Zscore(SM2)	Zscore(SM3)	Zscore(CI2)	Zscore(ELPM)	Zscore(ML1M)	Zscore(ET)	Zscore(MLC1M)
Zscore(AC)	Zscore(Prel2)	Correlation	1,000	,738	,248	-,258	,530	-,017	,454	-,031	,435	,178	,094	,453	,180	,217	-,355	,269
		Significance (2-tailed)	.	,000	,254	,235	,009	,940	,030	,888	,038	,416	,669	,030	,411	,320	,096	,215
		df	0	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Zscore(Prel3)	Correlation	,738	1,000	,223	-,001	,486	,090	,449	-,018	,444	,172	,289	,370	,185	,322	-,094	,327
		Significance (2-tailed)	,000	.	,307	,997	,019	,684	,032	,934	,034	,431	,182	,082	,399	,134	,670	,128
		df	21	0	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Zscore(RPM2)	Correlation	,248	,223	1,000	-,103	,284	,145	,482	-,555	,157	,169	,248	,519	,385	,307	-,210	,332
		Significance (2-tailed)	,254	,307	.	,640	,190	,510	,020	,006	,473	,442	,254	,011	,070	,154	,336	,122
		df	21	21	0	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Zscore(IR2)	Correlation	-,258	-,001	-,103	1,000	,131	,614	-,096	,300	-,448	-,467	-,253	,045	-,297	-,125	-,021	-,118
		Significance (2-tailed)	,235	,997	,640	.	,553	,002	,664	,164	,032	,025	,243	,837	,169	,570	,924	,593
		df	21	21	21	0	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Zscore(IR3)	Correlation	,530	,486	,284	,131	1,000	,058	,501	-,025	,321	,168	,355	,445	-,008	,218	-,284	,258
		Significance (2-tailed)	,009	,019	,190	,553	.	,792	,015	,911	,135	,445	,096	,033	,973	,317	,189	,234
		df	21	21	21	21	0	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Zscore(IER2)	Correlation	-,017	,090	,145	,614	,058	1,000	,014	,241	-,084	-,335	-,367	,129	,157	,382	-,020	,374
		Significance (2-tailed)	,940	,684	,510	,002	,792	.	,949	,267	,702	,118	,085	,556	,475	,072	,927	,079
		df	21	21	21	21	21	0	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Zscore(PP3)	Correlation	,454	,449	,482	-,096	,501	,014	1,000	-,125	,358	,156	,300	,450	,338	,397	-,177	,414
		Significance (2-tailed)	,030	,032	,020	,664	,015	,949	.	,569	,094	,477	,164	,031	,115	,061	,420	,050
		df	21	21	21	21	21	21	0	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Zscore(RAVK2)	Correlation	-,031	-,018	-,555	,300	-,025	,241	-,125	1,000	,137	,025	-,324	-,048	-,069	,157	,041	,145
		Significance (2-tailed)	,888	,934	,006	,164	,911	,267	,569	.	,533	,908	,131	,830	,753	,475	,852	,509
		df	21	21	21	21	21	21	21	0	21	21	21	21	21	21	21	21
	Zscore(RAVK3)	Correlation	,435	,444	,157	-,448	,321	-,084	,358	,137	1,000	,471	,368	,200	,346	,497	,125	,461
		Significance (2-tailed)	,038	,034	,473	,032	,135	,702	,094	,533	.	,023	,084	,361	,106	,016	,571	,027
		df	21	21	21	21	21	21	21	21	0	21	21	21	21	21	21	21
	Zscore(SM2)	Correlation	,178	,172	,169	-,467	,168	-,335	,156	,025	,471	1,000	,649	,194	,288	,427	-,283	,460
		Significance (2-tailed)	,416	,431	,442	,025	,445	,118	,477	,908	,023	.	,001	,375	,183	,042	,191	,027
		df	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0	21	21	21	21	21	21
	Zscore(SM3)	Correlation	,094	,289	,248	-,253	,355	-,367	,300	-,324	,368	,649	1,000	-,042	-,076	,151	-,282	,193
		Significance (2-tailed)	,669	,182	,254	,243	,096	,085	,164	,131	,084	,001	.	,849	,729	,491	,192	,378
		df	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0	21	21	21	21	21
	Zscore(CI2)	Correlation	,453	,370	,519	,045	,445	,129	,450	-,048	,200	,194	-,042	1,000	,434	,399	-,186	,417
		Significance (2-tailed)	,030	,082	,011	,837	,033	,556	,031	,830	,361	,375	,849	.	,039	,059	,395	,048
		df	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0	21	21	21	21
	Zscore(ELPM)	Correlation	,180	,185	,385	-,297	-,008	,157	,338	-,069	,346	,288	-,076	,434	1,000	,755	,088	,717
		Significance (2-tailed)	,411	,399	,070	,169	,973	,475	,115	,753	,106	,183	,729	,039	.	,000	,689	,000
		df	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0	21	21	21
	Zscore(ML1M)	Correlation	,217	,322	,307	-,125	,218	,382	,397	,157	,497	,427	,151	,399	,755	1,000	-,109	,986
		Significance (2-tailed)	,320	,134	,154	,570	,317	,072	,061	,475	,016	,042	,491	,059	,000	.	,620	,000
		df	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0	21	21
	Zscore(ET)	Correlation	-,355	-,094	-,210	-,021	-,284	-,020	-,177	,041	,125	-,283	-,282	-,186	,088	-,109	1,000	-,271
		Significance (2-tailed)	,096	,670	,336	,924	,189	,927	,420	,852	,571	,191	,192	,395	,689	,620	.	,211
		df	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0	21
	Zscore(MLC1M)	Correlation	,269	,327	,332	-,118	,258	,374	,414	,145	,461	,460	,193	,417	,717	,986	-,271	1,000
		Significance (2-tailed)	,215	,128	,122	,593	,234	,079	,050	,509	,027	,027	,378	,048	,000	,000	,211	.
		df	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0

10. Analyse de régression linéaire simple

10.1Prel2 prédit par IC2

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Zscore(CI2)[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Zscore(Prel2)

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	,445[a]	,198	,162	,96803103	,198	5,437	1	22	,029	1,222

a. Predictors: (Constant), Zscore(CI2)

b. Dependent Variable: Zscore(Prel2)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5,095	1	5,095	5,437	,029[b]
	Residual	20,616	22	,937		
	Total	25,711	23			

a. Dependent Variable: Zscore(Prel2)

b. Predictors: (Constant), Zscore(CI2)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	,061	,198		,306	,762			
	Zscore(CI2)	,480	,206	,445	2,332	,029	,445	,445	,445

a. Dependent Variable: Zscore(Prel2)

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,7950876	,9291975	,0836346	,47067359	24
Residual	-1,44103849	1,46447730	0E-8	,94675303	24
Std. Predicted Value	-1,867	1,796	,000	1,000	24
Std. Residual	-1,489	1,513	,000	,978	24

a. Dependent Variable: Zscore(Prel2)

10.2Prel3 prédit par PP3

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Zscore(PP3)[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Zscore(Prel3)

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	,445[a]	,198	,161	,94257008	,198	5,427	1	22	,029	2,260

a. Predictors: (Constant), Zscore(PP3)

b. Dependent Variable: Zscore(Prel3)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4,822	1	4,822	5,427	,029[b]
	Residual	19,546	22	,888		
	Total	24,367	23			

a. Dependent Variable: Zscore(Prel3)

b. Predictors: (Constant), Zscore(PP3)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	-,118	,195		-,606	,551			
	Zscore(PP3)	,571	,245	,445	2,330	,029	,445	,445	,445

a. Dependent Variable: Zscore(Prel3)

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,8778161	,6752943	-,0473334	,45785474	24
Residual	-1,53415835	2,03914714	0E-8	,92185172	24
Std. Predicted Value	-1,814	1,578	,000	1,000	24
Std. Residual	-1,628	2,163	,000	,978	24

a. Dependent Variable: Zscore(Prel3)

10.3Prel3 prédit par RAVK3

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Zscore (RAVK3)[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Zscore(PreI3)

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	,491[a]	,241	,207	,91687069	,241	6,986	1	22	,015	2,341

a. Predictors: (Constant), Zscore(RAVK3)

b. Dependent Variable: Zscore(PreI3)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5,873	1	5,873	6,986	,015[b]
	Residual	18,494	22	,841		
	Total	24,367	23			

a. Dependent Variable: Zscore(PreI3)

b. Predictors: (Constant), Zscore(RAVK3)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	-,023	,187		-,122	,904			
	Zscore(RAVK3)	,482	,182	,491	2,643	,015	,491	,491	,491

a. Dependent Variable: Zscore(PreI3)

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,9068155	,9404296	-,0473334	,50531155	24
Residual	-1,39337456	2,22895336	0E-8	,89671723	24
Std. Predicted Value	-1,701	1,955	,000	1,000	24
Std. Residual	-1,520	2,431	,000	,978	24

a. Dependent Variable: Zscore(PreI3)

10.4MLC1M prédit par CI2

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Zscore(CI2)[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	,424[a]	,180	,142	,96959494	,180	4,817	1	22	,039	2,526

a. Predictors: (Constant), Zscore(CI2)

b. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4,529	1	4,529	4,817	,039[b]
	Residual	20,683	22	,940		
	Total	25,211	23			

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

b. Predictors: (Constant), Zscore(CI2)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	,140	,198		,708	,486			
	Zscore(CI2)	,453	,206	,424	2,195	,039	,424	,424	,424

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,6664254	,9592026	,1620196	,44374341	24
Residual	-1,35025227	2,16138268	0E-8	,94828256	24
Std. Predicted Value	-1,867	1,796	,000	1,000	24
Std. Residual	-1,393	2,229	,000	,978	24

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

10.5MLC1M prédit par SM2

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Zscore(SM2)[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	,463[a]	,214	,178	,94912021	,214	5,987	1	22	,023	2,496

a. Predictors: (Constant), Zscore(SM2)

b. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5,393	1	5,393	5,987	,023[b]
	Residual	19,818	22	,901		
	Total	25,211	23			

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

b. Predictors: (Constant), Zscore(SM2)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	,300	,202		1,485	,152			
	Zscore(SM2)	,559	,229	,463	2,447	,023	,463	,463	,463

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,7976024	,9740074	,1620196	,48423687	24
Residual	-1,76033962	1,75060987	0E-8	,92825787	24
Std. Predicted Value	-1,982	1,677	,000	1,000	24
Std. Residual	-1,855	1,844	,000	,978	24

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

10.6MLC1M prédit par PP3

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Zscore(PP3)[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	,406[a]	,165	,127	,97809960	,165	4,353	1	22	,049	2,259

a. Predictors: (Constant), Zscore(PP3)

b. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4,164	1	4,164	4,353	,049[b]
	Residual	21,047	22	,957		
	Total	25,211	23			

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

b. Predictors: (Constant), Zscore(PP3)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	,096	,202		,477	,638			
	Zscore(PP3)	,530	,254	,406	2,086	,049	,406	,406	,406

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,6098053	,8336076	,1620196	,42551607	24
Residual	-1,73369288	2,25839424	0E-8	,95660028	24
Std. Predicted Value	-1,814	1,578	,000	1,000	24
Std. Residual	-1,773	2,309	,000	,978	24

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

10.7MLC1M prédit par RAVK3

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Zscore (RAVK3)[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	,419[a]	,175	,138	,97219311	,175	4,674	1	22	,042	2,852

a. Predictors: (Constant), Zscore(RAVK3)

b. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4,418	1	4,418	4,674	,042[b]
	Residual	20,794	22	,945		
	Total	25,211	23			

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

b. Predictors: (Constant), Zscore(RAVK3)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	,183	,199		,922	,367			
	Zscore(RAVK3)	,418	,193	,419	2,162	,042	,419	,419	,419

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,5834355	1,0187367	,1620196	,43827215	24
Residual	-1,89236212	2,15264487	0E-8	,95082362	24
Std. Predicted Value	-1,701	1,955	,000	1,000	24
Std. Residual	-1,946	2,214	,000	,978	24

a. Dependent Variable: Zscore(MLC1M)

10.8ELPM prédit par CI2

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Zscore(CI2)[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Zscore(ELPM)

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	,449[a]	,202	,166	,93517759	,202	5,568	1	22	,028	1,932

a. Predictors: (Constant), Zscore(CI2)

b. Dependent Variable: Zscore(ELPM)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4,869	1	4,869	5,568	,028[b]
	Residual	19,240	22	,875		
	Total	24,110	23			

a. Dependent Variable: Zscore(ELPM)

b. Predictors: (Constant), Zscore(CI2)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	,130	,191		,678	,505			
	Zscore(CI2)	,470	,199	,449	2,360	,028	,449	,449	,449

a. Dependent Variable: Zscore(ELPM)

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,7069724	,9786713	,1520576	,46012573	24
Residual	-1,54689097	1,90844846	0E-8	,91462172	24
Std. Predicted Value	-1,867	1,796	,000	1,000	24
Std. Residual	-1,654	2,041	,000	,978	24

a. Dependent Variable: Zscore(ELPM)

11. Statistiques Descriptives des variables « Evolution 1, 2 et G »

Descriptive Statistics

Groupe		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1,00	EPrel1	31	,00	4,00	1,2258	1,23044
	EPrel2	31	-4,00	4,00	,2903	1,88315
	EGPrel	31	-2,00	7,00	1,5161	2,17364
	ERPM1	31	,00	6,00	2,1935	1,68165
	ERPM2	31	-1,00	4,00	,5484	1,15004
	EGRPM	31	-1,00	8,00	2,7419	2,25045
	ESP1	31	,00	8,00	2,2258	2,48609
	EIR1	31	-7,00	6,00	,4516	2,51447
	EIR2	31	-4,00	8,00	1,0323	2,72622
	EGIR	31	-7,00	7,00	1,4839	3,24418
	EER1	31	-7,00	3,00	-1,0323	2,34498
	EER2	31	-5,00	3,00	-,3226	1,68101
	EGER	31	-6,00	3,00	-1,3548	2,56318
	EIER1	31	-,13	,67	,0989	,15670
	EIER2	31	-,13	,53	,0903	,16106
	EGIER	31	-,13	,73	,1892	,19859
	EPP2	31	-3,00	4,00	,6129	2,01126
	ERAVK1	31	-2,00	5,00	1,4839	1,78645
	ERAVK2	31	-5,00	4,00	,1290	1,97892
	EGRAVK	31	-2,00	5,00	1,6129	1,83807
	ESM1	31	,00	5,00	1,3548	1,42708
	ESM2	31	,00	3,00	1,5484	1,05952
	EGSM	31	1,00	7,00	2,9032	1,30012
	EMCT1	31	-1,00	1,00	,1290	,56225
	EMCT2	31	-1,00	1,00	,5161	,56985
	EGMCT	31	,00	1,00	,6452	,48637
	ECI1	31	-6,00	15,00	1,7097	4,37564
	ECI2	31	-3,00	11,00	2,9355	3,59570
	EGCI	31	-1,00	15,00	4,6452	3,91193
	ERVS1	31	-9,00	14,00	2,7742	4,87654
	ERVS2	31	-6,00	13,00	2,8065	4,82645
	Valid N (listwise)	31				
2,00	EPrel1	30	,00	4,00	1,5667	1,35655
	EPrel2	30	-2,00	4,00	,2000	1,44795
	EGPrel	30	-1,00	6,00	1,7667	1,86960
	ERPM1	30	,00	7,00	2,6000	2,12700
	ERPM2	30	,00	3,00	,8000	,84690
	EGRPM	30	,00	9,00	3,4000	2,38675
	ESP1	30	,00	6,00	1,3000	1,72507
	EIR1	30	-7,00	8,00	,6667	3,19842
	EIR2	30	-3,00	7,00	1,9333	2,53164
	EGIR	30	-4,00	8,00	2,6000	2,85995
	EER1	30	-5,00	4,00	-,2000	1,84578
	EER2	30	-4,00	1,00	-1,2667	1,25762
	EGER	30	-6,00	1,00	-1,4667	1,71672
	EIER1	30	-,20	,47	,0587	,15438
	EIER2	30	-,13	,53	,2137	,15747
	EGIER	30	,07	,53	,2710	,11941
	EPP2	30	-1,00	4,00	1,4667	1,16658

	ERAVK1	30	,00	4,00	2,0333	1,51960
	ERAVK2	30	,00	4,00	1,4667	1,04166
	EGRAVK	30	,00	6,00	3,5000	1,45626
	ESM1	30	,00	7,00	2,6333	1,67091
	ESM2	30	,00	5,00	1,9333	1,33735
	EGSM	30	2,00	8,00	4,5667	1,61210
	EMCT1	30	,00	1,00	,4333	,50401
	EMCT2	30	,00	1,00	,2667	,44978
	EGMCT	30	,00	2,00	,7000	,53498
	ECI1	30	-7,00	10,00	2,6333	3,54754
	ECI2	30	-2,00	9,00	3,6667	2,98656
	EGCI	30	-1,00	13,00	6,3000	3,40537
	ERVS1	30	,00	16,00	3,7000	3,71530
	ERVS2	30	,00	14,00	5,6000	4,31996
	Valid N (listwise)	30				

12. Tests de normalité pour les variables « évolution 1, 2 et G »

Tests of Normality

Groupe		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
	EPrel1	,218	31	,001	,854	31	,001
	EPrel2	,174	31	,017	,948	31	,141
	EGPrel	,207	31	,002	,936	31	,066
	ERPM1	,136	31	,153	,926	31	,034
	ERPM2	,296	31	,000	,851	31	,001
	EGRPM	,164	31	,033	,959	31	,273
	ESP1	,234	31	,000	,820	31	,000
	EIR1	,267	31	,000	,876	31	,002
	EIR2	,135	31	,155	,971	31	,547
	EGIR	,150	31	,072	,949	31	,145
	EER1	,179	31	,013	,939	31	,076
	EER2	,221	31	,000	,932	31	,050
	EGER	,185	31	,008	,934	31	,056
1,00	EIER1	,252	31	,000	,839	31	,000
	EIER2	,139	31	,132	,942	31	,096
	EGIER	,159	31	,044	,899	31	,007
	EPP2	,136	31	,153	,942	31	,095
	ERAVK1	,130	31	,197	,962	31	,337
	ERAVK2	,118	31	,200*	,967	31	,451
	EGRAVK	,164	31	,033	,934	31	,057
	ESM1	,248	31	,000	,823	31	,000
	ESM2	,181	31	,011	,875	31	,002
	EGSM	,245	31	,000	,889	31	,004
	EMCT1	,365	31	,000	,733	31	,000
	EMCT2	,350	31	,000	,704	31	,000
	EGMCT	,412	31	,000	,607	31	,000
	ECI1	,151	31	,070	,942	31	,093

	ECI2	,148	31	,083	,942	31	,094
	EGCI	,171	31	,021	,908	31	,011
	ERVS1	,220	31	,001	,917	31	,020
	ERVS2	,147	31	,086	,957	31	,242
	EPrel1	,195	30	,005	,878	30	,003
	EPrel2	,190	30	,007	,886	30	,004
	EGPrel	,217	30	,001	,908	30	,013
	ERPM1	,207	30	,002	,904	30	,011
	ERPM2	,273	30	,000	,777	30	,000
	EGRPM	,188	30	,008	,915	30	,020
	ESP1	,274	30	,000	,757	30	,000
	EIR1	,175	30	,020	,970	30	,553
	EIR2	,097	30	,200*	,978	30	,774
	EGIR	,134	30	,178	,962	30	,339
	EER1	,158	30	,055	,951	30	,177
	EER2	,251	30	,000	,916	30	,021
	EGER	,237	30	,000	,877	30	,002
	EIER1	,171	30	,026	,936	30	,072
	EIER2	,127	30	,200*	,965	30	,417
2,00	EGIER	,144	30	,114	,947	30	,143
	EPP2	,255	30	,000	,914	30	,018
	ERAVK1	,204	30	,003	,859	30	,001
	ERAVK2	,196	30	,005	,901	30	,009
	EGRAVK	,168	30	,031	,926	30	,039
	ESM1	,180	30	,014	,931	30	,052
	ESM2	,213	30	,001	,899	30	,008
	EGSM	,194	30	,005	,934	30	,062
	EMCT1	,372	30	,000	,632	30	,000
	EMCT2	,457	30	,000	,554	30	,000
	EGMCT	,379	30	,000	,700	30	,000
	ECI1	,141	30	,131	,959	30	,291
	ECI2	,112	30	,200*	,964	30	,393
	EGCI	,125	30	,200*	,973	30	,612
	ERVS1	,166	30	,034	,860	30	,001
	ERVS2	,122	30	,200*	,936	30	,069

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

13. Comparaison des moyennes au pré-test

13.1. Test t de student

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RPM1	Equal variances assumed	,354	,554	-,712	59	,480	-,50323	,70723	-1,91839	,91194
	Equal variances not assumed			-,711	58,251	,480	-,50323	,70818	-1,92066	,91421
CI1	Equal variances assumed	1,081	,303	,810	59	,421	,70860	,87514	-1,04254	2,45975
	Equal variances not assumed			,812	58,275	,420	,70860	,87303	-1,03878	2,45599
RVS1	Equal variances assumed	,286	,595	,999	59	,322	,99462	,99602	-,99841	2,98765
	Equal variances not assumed			,998	58,473	,323	,99462	,99704	-1,00083	2,99008

13.2. Test U de Mann Whitney

Ranks

	Groupe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Prel1	1,00	31	31,39	973,00
	2,00	30	30,60	918,00
	Total	61		
SP1	1,00	31	29,42	912,00
	2,00	30	32,63	979,00
	Total	61		
IR1	1,00	31	27,56	854,50
	2,00	30	34,55	1036,50
	Total	61		
ER1	1,00	31	32,61	1011,00
	2,00	30	29,33	880,00
	Total	61		
IER1	1,00	31	25,24	782,50
	2,00	30	36,95	1108,50
	Total	61		
RAVK1	1,00	31	32,45	1006,00
	2,00	30	29,50	885,00
	Total	61		
SM1	1,00	31	31,13	965,00
	2,00	30	30,87	926,00
	Total	61		
MCT1	1,00	31	32,44	1005,50
	2,00	30	29,52	885,50
	Total	61		

Test Statistics[a]

	Prel1	SP1	IR1	ER1	IER1	RAVK1	SM1	MCT1
Mann-Whitney U	453,000	416,000	358,500	415,000	286,500	420,000	461,000	420,500
Wilcoxon W	918,000	912,000	854,500	880,000	782,500	885,000	926,000	885,500

Z	-,178	-,722	-1,556	-,736	-2,604	-,685	-,060	-,788
Asymp. Sig. (2-tailed)	,859	,470	,120	,462	,009	,493	,952	,431

a. Grouping Variable: Groupe

14. Comparaison des variables Evolution 1

14.1. Test t de student

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
EER1	Equal variances assumed	,637	,428	-1,537	59	,130	-,83226	,54151	-1,91582	,25131
	Equal variances not assumed			-1,543	56,677	,128	-,83226	,53940	-1,91251	,24800
ECI1	Equal variances assumed	,552	,461	-,904	59	,370	-,92366	1,02191	-2,96849	1,12118
	Equal variances not assumed			-,907	57,264	,368	-,92366	1,01839	-2,96275	1,11544

14.2. Test U de Mann Whitney

Ranks

	Groupe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
EPrel1	1,00	31	28,85	894,50
	2,00	30	33,22	996,50
	Total	61		
ERPM1	1,00	31	29,69	920,50
	2,00	30	32,35	970,50
	Total	61		
ESP1	1,00	31	33,69	1044,50
	2,00	30	28,22	846,50
	Total	61		
EIR1	1,00	31	29,50	914,50
	2,00	30	32,55	976,50
	Total	61		
EIER1	1,00	31	32,79	1016,50
	2,00	30	29,15	874,50
	Total	61		
ERAVK1	1,00	31	28,21	874,50
	2,00	30	33,88	1016,50
	Total	61		
ESM1	1,00	31	24,60	762,50
	2,00	30	37,62	1128,50
	Total	61		
EMCT1	1,00	31	27,06	839,00
	2,00	30	35,07	1052,00
	Total	61		
ERVS1	1,00	31	28,79	892,50
	2,00	30	33,28	998,50
	Total	61		

Test Statistics[a]

	EPrel1	ERPM1	ESP1	EIR1	EIER1	ERAVK1	ESM1	EMCT1	ERVS1
Mann-Whitney U	398,500	424,500	381,500	418,500	409,500	378,500	266,500	343,000	396,500
Wilcoxon W	894,500	920,500	846,500	914,500	874,500	874,500	762,500	839,000	892,500
Z	-,991	-,593	-1,277	-,681	-,808	-1,270	-2,942	-2,070	-1,002
Asymp. Sig. (2-tailed)	,322	,553	,201	,496	,419	,204	,003	,038	,316

a. Grouping Variable: Groupe

15. Comparaison de moyennes entre les groupes pour la variable PP2

Ranks

	Groupe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PP2	1,00	31	26,13	810,00
	2,00	30	36,03	1081,00
	Total	61		

Test Statistics[a]

	PP2
Mann-Whitney U	314,000
Wilcoxon W	810,000
Z	-2,232
Asymp. Sig. (2-tailed)	,026

a. Grouping Variable: Groupe

16. Evolution des variables « évolution 2 »

16.1. Test t de Student

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
EIR2	Equal variances assumed	,005	,946	-1,337	59	,186	-,90108	,67417	-2,25009	,44794
	Equal variances not assumed			-1,338	58,903	,186	-,90108	,67334	-2,24848	,44633
EIER2	Equal variances assumed	,029	,865	-3,023	59	,004	-,12334	,04080	-,20498	-,04170
	Equal variances not assumed			-3,024	58,993	,004	-,12334	,04078	-,20495	-,04174
ECI2	Equal variances assumed	,558	,458	-,862	59	,392	-,73118	,84780	-2,42763	,96526
	Equal variances not assumed			-,865	57,690	,391	-,73118	,84521	-2,42325	,96089
ERVS2	Equal variances assumed	,118	,733	-2,379	59	,021	-2,79355	1,17413	-5,14297	-,44413
	Equal variances not assumed			-2,384	58,650	,020	-2,79355	1,17197	-5,13894	-,44815

16.2. Test U de Mann Whytney

Ranks

	Groupe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
ERPM2	1,00	31	28,16	873,00
	2,00	30	33,93	1018,00
	Total	61		
EER2	1,00	31	37,05	1148,50
	2,00	30	24,75	742,50
	Total	61		
EPP2	1,00	31	26,82	831,50
	2,00	30	35,32	1059,50
	Total	61		
ERAVK2	1,00	31	24,63	763,50
	2,00	30	37,58	1127,50
	Total	61		
ESM2	1,00	31	29,11	902,50
	2,00	30	32,95	988,50
	Total	61		
EMCT2	1,00	31	34,87	1081,00
	2,00	30	27,00	810,00
	Total	61		

Test Statistics[a]

	ERPM2	EER2	EPP2	ERAVK2	ESM2	EMCT2
Mann-Whitney U	377,000	277,500	335,500	267,500	406,500	345,000
Wilcoxon W	873,000	742,500	831,500	763,500	902,500	810,000
Z	-1,353	-2,773	-1,903	-2,909	-,873	-2,009
Asymp. Sig. (2-tailed)	,176	,006	,057	,004	,383	,045

a. Grouping Variable: Groupe

17. Comparaison de moyenne pour la variable Prel3

Ranks

	Groupe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Prel3	1,00	31	30,32	940,00
	2,00	30	31,70	951,00
	Total	61		

Test Statistics[a]

	Prel3
Mann-Whitney U	444,000
Wilcoxon W	940,000
Z	-,306
Asymp. Sig. (2-tailed)	,760

a. Grouping Variable: Groupe

18. Comparaison des moyennes « évolution globale »

18.1. Test t de Student

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
EGIR	Equal variances assumed	,150	,700	-1,424	59	,160	-1,11613	,78404	-2,68499	,45273
	Equal variances not assumed			-1,427	58,502	,159	-1,11613	,78240	-2,68199	,44973

18.2. Test U de Mann Whytney

	Groupe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
EGRPM	1,00	31	29,21	905,50
	2,00	30	32,85	985,50
	Total	61		
EGMCT	1,00	31	30,35	941,00
	2,00	30	31,67	950,00
	Total	61		
EGCI	1,00	31	26,29	815,00
	2,00	30	35,87	1076,00
	Total	61		

Test Statistics[a]

	EGRPM	EGMCT	EGCI
Mann-Whitney U	409,500	445,000	319,000
Wilcoxon W	905,500	941,000	815,000
Z	-,809	-,345	-2,117
Asymp. Sig. (2-tailed)	,418	,730	,034

a. Grouping Variable: Groupe

19. Comparaison des moyennes entre les groupes variables prises en compte au CP

Ranks

	Groupe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PP4	1,00	31	22,35	693,00
	2,00	30	39,93	1198,00
	Total	61		
ELPM	1,00	31	21,02	651,50
	2,00	30	41,32	1239,50
	Total	61		
E1	1,00	31	41,16	1276,00
	2,00	30	20,50	615,00
	Total	61		
E2	1,00	31	29,24	906,50
	2,00	30	32,82	984,50
	Total	61		
ET	1,00	31	39,32	1219,00
	2,00	30	22,40	672,00
	Total	61		
MLC1M	1,00	31	25,53	791,50
	2,00	30	36,65	1099,50
	Total	61		

Test Statistics[a]

	PP4	ELPM	E1	E2	ET	MLC1M
Mann-Whitney U	197,000	155,500	150,000	410,500	207,000	295,500
Wilcoxon W	693,000	651,500	615,000	906,500	672,000	791,500
Z	-3,927	-4,467	-4,667	-,836	-3,797	-2,447
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,403	,000	,014

a. Grouping Variable: Groupe

20. Formulaire de consentement enfants dyslexiques

Formulaire de consentement

Madame, Monsieur,

La recherche pour laquelle la participation de votre enfant est sollicitée vise à ***comprendre les éventuels bénéfices d'une intervention psychomotrice spécifique sur les compétences en lecture d'enfants dyslexiques.*** Elle est menée par Daniel Pereira, doctorant en Sciences de l'Education à l'Université Paris Descartes, sous la Direction de Sandra Jhean-Larose, professeure et Laetitia Boulc'h, maitre de conférences.

Cette recherche se déroulera sur trente semaines environs et consistera en ***une pise en charge en psychomotricité (10 séances d'1 heure) et d'évaluations des compétences en lecture, pré et post intervention.***

L'anonymat des participants sera préservé. Aucun test utilisé ne possède de caractère invasif. Il n'existe donc aucun risque pour l'enfant, ni sur le plan physique, ni sur le plan psychologique. Les dates et horaires des interventions seront établis selon les disponibilités des enfants et de leurs parents.

Nous demeurons à votre disposition pour répondre à toutes les questions ou demandes de votre part.

Consentement

Je soussigné(e) M. / Me *(nom, prénom)* _____ ,
tuteur(rice) légal(e) de l'enfant *(nom, prénom)* _____

- ☐ Autorise,
- ☐ N'autorise pas

mon enfant à participer à la recherche menée par M. Pereira .

Signature :

21. Protocole d'évaluation des enfants dyslexiques

Epreuve de lecture de texte

Monsieur Petit

C'est l'histoire de Monsieur Petit qui vit dans une vieille maison située au cœur d'un vieux village. La maison est entourée d'un jardin avec une barrière ; il y a des concombres, des choux frisés, toutes sortes de légumes. Au fond du jardin, le portillon reste toujours fermé pour que Chien à Puces ne s'échappe pas. Chien à Puces aime se coucher près de la poubelle, à l'ombre d'un oranger couvert de fruits délicieux. Chien à Puces est gourmand, il croque tout ce qui lui passe sous la dent : des oranges pourries qui tombent sur le sol, des fleurs fanées, un morceau de buvard... Un jour, Monsieur Petit décide de mettre Chien à Puces dans une niche. Chien à Puces n'aime pas être enfermé, il préfère s'endormir en regardant les étoiles dans le ciel. Toutes les nuits, il aboie quand Monsieur Petit va se coucher. Monsieur Petit décide de dormir dans le grenier de sa jolie maison pour prendre un peu de repos. Il ne trouve plus le sommeil ! Une nuit d'insomnie, hop ! Il saute du lit et ouvre la grande malle qui se trouve devant lui, dans un coin sombre du grenier. Et là, surprise, toute sa vie, qu'il pensait sans histoire, lui revient en mémoire : Il sort les mouchoirs brodés par sa grand-mère, ses petites dents de lait, son pot de chambre ébréché, une tête de poisson séché, un sac plein de billes, une montre qui fait tic, tac, tic, tac, son carnet de notes, un bout de lacet, son vieux transistor à pile. C'est fou comme tous ces souvenirs se bousculent dans sa tête et il ne peut retenir ses larmes d'émotion, sa vie n'est pas sans histoire. Il se souvient exactement de la voix du présentateur météo: « Le temps va s'améliorer demain en début de matinée sur notre région, ciel chargé, l'après-midi », il se rappelle les vieilles publicités : « AMA et la saleté s'en va », « On a toujours besoin de petits pois chez soi ». Les premières lumières du jour pénètrent par la petite fenêtre du grenier. Il est au coeur de ses souvenirs, quand son réveil sonne : dring, dring, dring.

Epreuves de lecture de mots

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

Epreuve de lecture phonologique

zau	sau	ceau
kal	cal	**gal**
daire	**doire**	deire
açu	assu	**acu**
gan	jen	gean
izan	**içan**	isan
chein	chin	**chan**
miante	minte	mynthe
binton	bainton	**banton**
tainou	**teunou**	thênou
cain	quin	**cin**
taillo	tallo	taleau
gentin	jantin	**gantin**
rassin	**rasin**	racin
facou	phacou	**fachou**

Epreuve de conscience phonologique

Identification de rimes

MOTS		Réponse attendue	Bonne réponse = 1 Erreur = 0
Hamac	Tabac	NON	
Bilan	Argent	OUI	
Tableau	Cheval	NON	
Hiver	Colère	OUI	
Ballon	Mouton	OUI	
Ville	Fille	NON	
Oiseau	Piano	OUI	
Sapin	Lapin	OUI	
Bureau	Panier	NON	
Gentil	Pistil	NON	
Chapeau	Cadeau	OUI	
Poireau	Carotte	NON	
Album	Gomme	OUI	
Examen	Cyclamen	NON	
Dorade	Balade	OUI	
Pardon	Bottine	NON	

Suppression syllabique

1er syllabe	Réponse	2°syllabe	Réponse	Dernière	Réponse
TOR CHON		PA TI NOIRE		PAN TIN	
CO PIER		É LÉ PHANT		CI TRON	
GA MIN		PA RA PLUIE		TOR TUE	
AS TIQUE		PY JA MA		ROU TARD	

Suppression du phonème initial et final

PHONÈME INITIAL	Réponse attendue	Réponse donnée	PHONÈME FINAL	Réponse attendue	Réponse donnée
CANE	ane		CANON	cane	
OUVERT	vert		POMMEAU	pome	
BRAME	rame		ORANGER	orange	
FLOU	lou		CHARME	char	
DRAINE	rène		CANAL	cana	
ONDINE	dine		GOUTER	goute	
CLOS	lo		PRISER	priz	
TROU	rou		VENTRU	ventre	
PLI	li		SOCLE	soc	
PROSE	roz		LASSER	lasse	

Fusion phonémique

	Réponse		Réponse
Photo artistique (FA)		Cher Auguste (CHO)	
Chien accroupi (CHA)		Gant épais (GUE)	
Bébé ourson (BOU)		Cousin infernal (KIN)	
Tortue enlevée (TEN)		Gentil invité (JIN)	
Bel oiseau (BOI)		Grave entorse (GAN)	

Epreuve de répétition de logatomes

Items : panbi, linou, chan(e)du, gontra, zulseu, lurir, bartin, yéroi, nuronli, rikapé, moluné, favikèr, jifazeu, koguchi, todonkin, bimindal, fanvéréti, moukorido, farvikéru, mandularnoti

Epreuve de reproduction de séquences motrices manuelles

Items :

- Poing D + poing G
- Poing puis paume (main dominante)

- Poing puis paume (main non dominante)
- Claque puis paume D + paume G
- Claque puis poing D + paume G
- Claque puis paume D + poing G
- Poing puis paume puis côté (main dominante)
- Poing puis paume puis côté (main non dominante)
- Poing D puis poing G puis paume D puis paume G
- Poing d + paume G puis paume D + poing G
- Claque puis poing D puis paume D puis poing G
- Poing G puis coté D puis paume G puis poing D

Epreuves d'empan de chiffres endroit / envers

(évaluation de la mémoire à court terme et de la mémoire de travail – les mêmes items servent pour les deux subtests) :

- 2-9
- 1-5-3
- 7-2-4
- 2-6-7-8
- 3-9-4-2
- 4-7-2-9-5
- 8-3-6-2-4
- 6-3-2-1-4-8
- 7-4-2-9-5-3
- 3-5-1-8-7-9-2
- 2-8-9-4-6-1-5-3

Epreuve d'inhibition

Item : voir évaluations de l'inhibition axe 1

Calcule de la note globale CI

Formule : CI = (nombre de frappes correcte subtest contrôle – pénalité temps) + (nombre de frappes correctes subtest conflit – pénalité temps)

Subtest contrôle		Subtest conflit	
Temps (secondes)	Pénalité	Temps (secondes)	Pénalité
Jusqu'à 10 sec	0	Jusqu'à 12 sec	0
De 11 à 12 sec	1	De 13 à 14 sec	1
De 13 à 14 sec	2	De 15 à 16 sec	2
De 15 à 16 sec	3	De 17 à 18 sec	3
17 sec ou plus	4	De 19 à 20 sec	4
		21 sec ou plus	5

22. Résultats bruts des enfants dyslexiques, en fonction des patients et des temps d'évaluation

Evaluation	Patient	NML	E	NMLC	RAVK	SM
1	1	60	1	59	41	7
1	2	52	2	50	31	2
1	3	99	9	90	38	5
1	4	91	11	80	41	5
1	5	58	3	55	39	7
1	6	40	5	35	27	7
1	7	46	7	39	31	6
1	8	110	0	110	43	7
1	9	44	5	39	37	6
1	10	51	4	47	40	6
2	1	56	3	53	41	7
2	2	61	5	56	35	4
2	3	107	4	103	37	5
2	4	87	9	78	39	5
2	5	57	1	56	41	7
2	6	30	0	30	29	7
2	7	52	10	42	33	5
2	8	112	3	109	42	6
2	9	47	6	41	35	6
2	10	52	3	49	39	6
3	1	74	3	71	54	8
3	2	96	8	88	45	10
3	3	141	3	138	44	8
3	4	129	3	126	48	9
3	5	74	4	70	56	9
3	6	47	1	46	38	9
3	7	69	4	64	42	8
3	8	138	1	137	56	9
3	9	63	3	60	46	8
3	10	68	2	66	52	9
4	1	73	3	70	54	8
4	2	71	1	70	41	9
4	3	153	7	146	42	10
4	4	127	5	122	45	8
4	5	71	3	68	54	9
4	6	45	2	43	36	8
4	7	71	7	65	43	7
4	8	144	1	143	54	9
4	9	62	4	58	44	7
4	10	71	3	68	48	8

ICt	TICt	ICf	TICf	CI	MCT	MDT
10	12	10	16	17	5	3
10	12	8	21	12	4	3
9	11	9	16	15	6	4
9	11	9	14	16	4	3
10	13	10	16	16	5	3
10	11	9	19	14	5	2
10	12	8	16	15	4	3
10	12	10	15	17	4	2
9	16	8	17	11	4	2
10	13	6	17	11	4	2
10	12	10	17	16	5	3
10	11	9	25	13	4	3
10	11	9	13	17	6	5
10	11	9	14	17	4	3
10	12	10	17	16	5	3
10	11	10	17	16	5	3
10	13	9	20	13	4	3
10	12	10	14	18	4	2
10	17	10	21	15	4	2
10	12	7	18	13	4	3
10	10	10	13	19	6	4
10	12	10	17	16	4	3
10	10	10	11	20	6	5
10	11	10	11	19	5	4
10	10	10	13	19	6	4
10	11	10	13	18	5	4
10	11	10	15	17	4	4
10	12	10	12	19	5	4
10	12	10	16	17	5	4
10	10	10	14	19	5	3
9	11	10	13	17	6	4
10	11	10	22	14	5	3
10	9	9	12	19	6	6
10	9	9	11	19	6	4
10	10	10	13	19	6	4
10	11	10	15	17	5	4
10	12	10	16	17	4	4
10	12	10	12	19	5	4
10	11	10	15	17	5	4
10	11	10	12	19	5	3

MI	TMI	MR	TMR	NM	TNM	LP	TLP
12	42	13	27	14	34	8	141
5	35	10	34	12	55	5	130
10	33	18	21	13	20	6	124
8	31	15	34	9	39	5	136
11	45	14	25	14	38	5	161
4	106	10	65	5	91	7	231
7	91	9	88	6	96	5	213
14	29	17	26	11	42	9	98
1	90	10	68	10	81	6	156
4	71	11	67	8	70	4	131
9	39	15	32	13	38	8	133
7	56	11	41	14	47	4	112
12	32	15	25	11	28	7	118
11	32	15	39	10	36	5	143
10	42	15	29	13	45	6	155
4	117	11	96	6	122	6	217
7	98	10	92	5	93	4	201
15	32	17	25	10	40	8	89
3	87	9	64	9	82	4	158
3	76	12	75	9	67	5	151
14	29	17	30	15	30	9	111
9	25	14	27	14	30	7	81
15	32	18	34	18	27	10	94
15	32	19	34	15	31	8	111
13	31	18	29	16	33	9	119
11	111	16	115	11	132	9	176
10	90	15	93	13	90	7	195
18	23	18	21	16	32	12	104
8	67	14	66	10	71	8	147
6	70	16	58	13	59	8	114
13	30	17	24	15	37	9	115
8	32	15	38	15	37	9	107
16	37	19	37	17	28	11	98
15	37	18	31	14	34	9	120
14	32	18	24	15	35	8	115
10	118	15	117	10	151	8	167
8	93	13	90	9	93	7	199
19	22	19	24	15	40	11	110
7	64	13	60	9	60	8	151
5	71	15	56	12	60	9	119

RL	R	SS	SPI	TSPI	SPF	TSPF	FP	TFP
10	13	8	2	34	0	30	4	84
13	13	7	1	70	0	40	3	121
14	12	10	2	43	5	33	9	74
14	13	8	2	43	3	33	10	74
10	12	8	3	39	0	32	3	91
16	12	6	7	40	5	60	7	124
15	12	6	5	67	3	78	3	98
16	12	9	3	54	0	35	5	92
16	13	6	5	50	6	78	0	50
14	13	7	3	66	0	47	2	156
15	12	8	3	43	4	35	2	86
13	13	7	2	52	0	34	1	95
14	12	8	3	32	2	28	8	69
15	12	8	3	32	2	28	8	67
13	12	8	3	41	0	35	2	86
16	13	7	5	30	4	59	7	112
16	13	6	4	65	3	72	2	100
16	13	8	2	50	0	31	4	89
15	13	7	4	51	5	75	2	96
15	13	8	4	71	0	52	1	172
17	16	10	7	32	7	28	7	77
16	14	9	3	48	4	47	5	103
17	15	11	4	28	10	34	10	55
18	16	10	5	33	8	35	10	55
17	16	12	7	32	5	28	7	78
19	15	10	8	34	4	50	7	90
18	15	8	7	60	5	75	5	105
18	15	12	5	43	3	57	8	88
18	15	9	7	49	9	71	5	121
17	16	11	6	65	4	59	4	159
16	15	10	6	39	7	38	6	72
16	14	12	6	62	4	54	5	100
18	15	12	5	34	9	38	9	50
17	15	10	6	31	8	32	9	50
16	16	10	7	35	6	32	6	72
20	15	9	7	32	5	52	8	95
19	15	8	7	65	5	74	4	103
18	16	12	6	42	3	53	8	63
19	15	9	9	59	9	72	6	134
17	16	12	7	66	5	57	5	153

23. Statistiques descriptives des variables étudiées chez les enfants dyslexiques

TpsEval		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1,00	RAVK	10	27,00	43,00	36,8000	5,30827
	SM	10	2,00	8,00	5,8000	1,61933
	NML	10	40,00	110,00	65,1000	25,21662
	E	10	,00	11,00	4,7000	3,49762
	NMLC	10	35,00	110,00	60,4000	24,94527
	MI	10	1,00	14,00	7,6000	4,14193
	TMI	10	29,00	106,00	57,3000	29,30700
	MR	10	9,00	18,00	12,7000	3,19896
	TMR	10	21,00	88,00	45,5000	23,95018
	NM	10	5,00	14,00	10,2000	3,19026
	TNM	10	20,00	96,00	56,6000	26,31518
	LP	10	4,00	9,00	6,0000	1,56347
	TLP	10	98,00	241,00	153,1000	43,11342
	R	10	12,00	14,00	12,7000	,67495
	SS	10	6,00	10,00	7,5000	1,35401
	SPI	10	1,00	7,00	3,3000	1,82878
	TSPI	10	24,00	124,00	58,0000	27,26822
	SPF	10	,00	6,00	2,2000	2,48551
	TSPF	10	30,00	78,00	47,3000	18,67887
	FP	10	,00	10,00	4,7000	3,33500
	TFP	10	50,00	156,00	96,4000	30,33223
	RL	10	10,00	17,00	14,2000	2,44040
	CI	10	11,00	17,00	14,4000	2,31900
	MCT	10	4,00	6,00	4,5000	,70711
	MDT	10	2,00	4,00	2,7000	,67495
	Valid N (listwise)	10				
2,00	RAVK	10	29,00	42,00	37,5000	4,22295
	SM	10	4,00	7,00	5,8000	1,03280
	NML	10	30,00	112,00	65,9000	26,69353
	E	10	,00	10,00	4,1000	2,84605
	NMLC	10	30,00	109,00	61,8000	26,59490
	MI	10	3,00	15,00	8,1000	4,04008
	TMI	10	32,00	147,00	64,1000	37,95158
	MR	10	9,00	17,00	13,0000	2,70801
	TMR	10	25,00	106,00	52,8000	29,55146
	NM	10	5,00	14,00	10,0000	2,94392
	TNM	10	28,00	143,00	61,9000	35,51666
	LP	10	4,00	8,00	5,7000	1,56702
	TLP	10	89,00	230,00	149,0000	41,64399
	R	10	12,00	14,00	12,8000	,63246
	SS	10	6,00	8,00	7,5000	,70711
	SPI	10	2,00	5,00	3,3000	,94868
	TSPI	10	32,00	112,00	54,9000	23,69458
	SPF	10	,00	5,00	2,1000	2,07900
	TSPF	10	28,00	75,00	44,9000	18,16254
	FP	10	1,00	8,00	3,7000	2,86938
	TFP	10	67,00	172,00	97,0000	29,75829
	RL	10	13,00	16,00	14,8000	1,13529
	CI	10	13,00	18,00	15,4000	1,83787
	MCT	10	4,00	6,00	4,5000	,70711
	MDT	10	2,00	5,00	3,0000	,81650
	Valid N (listwise)	10				

3,00	RAVK	10	38,00	56,00	48,0000	6,30696
	SM	10	7,00	10,00	8,5000	,84984
	NML	10	47,00	141,00	88,4000	35,17638
	E	10	1,00	8,00	3,5000	2,59272
	NMLC	10	46,00	138,00	84,8000	34,57938
	MI	10	5,00	18,00	11,7000	3,97352
	TMI	10	23,00	111,00	51,1000	31,41638
	MR	10	14,00	19,00	16,4000	1,89737
	TMR	10	21,00	120,00	51,2000	32,96058
	NM	10	8,00	18,00	13,6000	3,09839
	TNM	10	27,00	150,00	55,9000	39,59924
	LP	10	7,00	12,00	8,7000	1,49443
	TLP	10	81,00	225,00	130,1000	45,96001
	R	10	14,00	16,00	15,3000	,67495
	SS	10	8,00	12,00	10,2000	1,31656
	SPI	10	3,00	8,00	5,9000	1,59513
	TSPI	10	28,00	90,00	48,0000	19,32184
	SPF	10	3,00	10,00	5,9000	2,42441
	TSPF	10	28,00	75,00	48,4000	17,08931
	FP	10	4,00	10,00	6,8000	2,09762
	TFP	10	55,00	159,00	93,1000	31,24616
	RL	10	16,00	19,00	17,5000	,84984
	CI	10	16,00	20,00	18,3000	1,25167
	MCT	10	4,00	6,00	5,1000	,73786
	MDT	10	3,00	5,00	3,9000	,56765
	Valid N (listwise)	10				
4,00	RAVK	10	36,00	54,00	46,1000	6,24411
	SM	10	7,00	10,00	8,1000	,87560
	NML	10	45,00	153,00	88,8000	37,68525
	E	10	1,00	7,00	3,6000	2,17051
	NMLC	10	43,00	146,00	85,3000	37,07964
	MI	10	5,00	19,00	11,5000	4,55217
	TMI	10	22,00	118,00	53,6000	31,88591
	MR	10	13,00	19,00	16,2000	2,29976
	TMR	10	24,00	117,00	50,1000	31,49409
	NM	10	9,00	17,00	13,1000	2,88483
	TNM	10	28,00	151,00	57,5000	38,13791
	LP	10	7,00	11,00	8,9000	1,28668
	TLP	10	98,00	199,00	126,1000	29,21738
	R	10	15,00	16,00	15,4000	,51640
	SS	10	8,00	12,00	10,4000	1,50555
	SPI	10	5,00	9,00	6,6000	1,07497
	TSPI	10	31,00	95,00	52,8000	20,21990
	SPF	10	3,00	9,00	6,1000	2,07900
	TSPF	10	32,00	74,00	50,2000	15,17893
	FP	10	4,00	9,00	6,6000	1,77639
	TFP	10	50,00	153,00	89,2000	34,59223
	RL	10	16,00	20,00	17,6000	1,42984
	CI	10	14,00	19,00	17,7000	1,63639
	MCT	10	4,00	6,00	5,3000	,67495
	MDT	10	3,00	6,00	4,0000	,81650
	Valid N (listwise)	10				

24. Tests de normalité pour les variables étudiées chez les enfants dyslexiques

Tests of Normality

TpsEval		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1,00	RAVK	,215	10	,200*	,890	10	,168
	SM	,249	10	,079	,869	10	,098
	NML	,280	10	,025	,838	10	,042
	E	,166	10	,200*	,964	10	,826
	NMLC	,222	10	,176	,882	10	,136
	MI	,135	10	,200*	,971	10	,900
	TMI	,263	10	,049	,842	10	,047
	MR	,202	10	,200*	,901	10	,225
	TMR	,284	10	,021	,845	10	,050
	NM	,117	10	,200*	,939	10	,544
	TNM	,210	10	,200*	,924	10	,394
	LP	,239	10	,111	,899	10	,213
	TLP	,227	10	,153	,879	10	,126
	R	,272	10	,035	,802	10	,015
	SS	,166	10	,200*	,909	10	,276
	IPI	,311	10	,007	,846	10	,051
	SPI	,265	10	,045	,897	10	,201
	TSPI	,230	10	,143	,856	10	,069
	SPF	,312	10	,007	,795	10	,013
	TSPF	,245	10	,091	,817	10	,023
	FP	,195	10	,200*	,904	10	,241
	TFP	,179	10	,200*	,959	10	,770
	RM	,286	10	,020	,885	10	,149
	RPM	,272	10	,035	,802	10	,015
	RL	,267	10	,041	,839	10	,042
	CI	,202	10	,200*	,878	10	,124
	MCT	,360	10	,001	,731	10	,002
	MDT	,272	10	,035	,802	10	,015
2,00	RAVK	,239	10	,111	,908	10	,269
	SM	,181	10	,200*	,895	10	,191
	NML	,273	10	,034	,877	10	,121
	E	,152	10	,200*	,947	10	,638
	NMLC	,286	10	,020	,875	10	,114
	MI	,145	10	,200*	,947	10	,632
	TMI	,220	10	,187	,844	10	,049
	MR	,270	10	,037	,899	10	,214
	TMR	,255	10	,064	,863	10	,084
	NM	,167	10	,200*	,941	10	,569
	TNM	,263	10	,049	,838	10	,042
	LP	,172	10	,200*	,883	10	,140
	TLP	,214	10	,200*	,950	10	,668
	R	,324	10	,004	,794	10	,012
	SS	,360	10	,001	,731	10	,002
	IPI	,216	10	,200*	,879	10	,126
	SPI	,224	10	,168	,911	10	,287
	TSPI	,249	10	,080	,837	10	,040
	SPF	,244	10	,094	,847	10	,053
	TSPF	,307	10	,008	,830	10	,034
	FP	,323	10	,004	,787	10	,010
	TFP	,260	10	,054	,793	10	,012
	RM	,245	10	,091	,820	10	,025
	RPM	,361	10	,001	,801	10	,015
	RL	,270	10	,037	,848	10	,055
	CI	,228	10	,150	,877	10	,122
	MCT	,360	10	,001	,731	10	,002
	MDT	,400	10	,000	,700	10	,001
3,00	RAVK	,137	10	,200*	,940	10	,553
	SM	,222	10	,178	,906	10	,258
	NML	,259	10	,056	,849	10	,057

	E	,276	10	,029	,853	10	,063
	NMLC	,255	10	,064	,848	10	,055
	MI	,152	10	,200*	,970	10	,892
	TMI	,328	10	,003	,821	10	,026
	MR	,200	10	,200*	,876	10	,117
	TMR	,299	10	,012	,826	10	,030
	NM	,174	10	,200*	,952	10	,690
	TNM	,292	10	,015	,756	10	,004
	LP	,220	10	,184	,891	10	,176
	TLP	,295	10	,014	,837	10	,041
	R	,272	10	,035	,802	10	,015
	SS	,160	10	,200*	,942	10	,575
	IPI	,137	10	,200*	,943	10	,591
	SPI	,255	10	,065	,912	10	,295
	TSPI	,181	10	,200*	,887	10	,157
	SPF	,245	10	,091	,897	10	,201
	TSPF	,184	10	,200*	,924	10	,395
	FP	,205	10	,200*	,902	10	,229
	TFP	,152	10	,200*	,933	10	,475
	RM	,524	10	,000	,366	10	,000
	RPM	,254	10	,067	,833	10	,036
	RL	,222	10	,178	,906	10	,258
	CI	,312	10	,007	,871	10	,102
	MCT	,254	10	,067	,833	10	,036
	MDT	,370	10	,000	,752	10	,004
	RAVK	,197	10	,200*	,906	10	,254
	SM	,345	10	,001	,820	10	,026
	NML	,362	10	,001	,801	10	,015
	E	,209	10	,200*	,901	10	,227
	NMLC	,360	10	,001	,802	10	,015
	MI	,179	10	,200*	,956	10	,735
	TMI	,299	10	,012	,848	10	,055
	MR	,199	10	,200*	,890	10	,168
	TMR	,250	10	,078	,826	10	,030
	NM	,245	10	,091	,864	10	,085
	TNM	,277	10	,029	,738	10	,003
	LP	,269	10	,039	,879	10	,127
	TLP	,288	10	,019	,768	10	,006
4,00	R	,381	10	,000	,640	10	,000
	SS	,256	10	,062	,853	10	,062
	IPI	,227	10	,155	,847	10	,053
	SPI	,255	10	,065	,866	10	,090
	TSPI	,203	10	,200*	,889	10	,163
	SPF	,202	10	,200*	,930	10	,451
	TSPF	,189	10	,200*	,906	10	,252
	FP	,232	10	,135	,906	10	,256
	TFP	,190	10	,200*	,922	10	,376
	RM	,524	10	,000	,366	10	,000
	RPM	,305	10	,009	,781	10	,008
	RL	,168	10	,200*	,908	10	,268
	CI	,287	10	,020	,760	10	,005
	MCT	,272	10	,035	,802	10	,015
	MDT	,400	10	,000	,700	10	,001

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
RAVK	Equal variances assumed	,604	,447	-,326	18	,748	-,70000	2,14502	-5,20652	3,80652
	Equal variances not assumed			-,326	17,134	,748	-,70000	2,14502	-5,22290	3,82290
SM	Equal variances assumed	,358	,557	,000	18	1,000	,00000	,60736	-1,27602	1,27602
	Equal variances not assumed			,000	15,282	1,000	,00000	,60736	-1,29248	1,29248
NMLC	Equal variances assumed	,046	,832	-,121	18	,905	-1,40000	11,53064	-25,62497	22,82497
	Equal variances not assumed			-,121	17,927	,905	-1,40000	11,53064	-25,63207	22,83207
MI	Equal variances assumed	,012	,915	-,273	18	,788	-,50000	1,82969	-4,34404	3,34404
	Equal variances not assumed			-,273	17,989	,788	-,50000	1,82969	-4,34421	3,34421
MR	Equal variances assumed	,293	,595	-,226	18	,823	-,30000	1,32539	-3,08455	2,48455
	Equal variances not assumed			-,226	17,522	,824	-,30000	1,32539	-3,09000	2,49000
TMR	Equal variances assumed	,642	,433	-,607	18	,552	-7,30000	12,02872	-32,57139	17,97139
	Equal variances not assumed			-,607	17,260	,552	-7,30000	12,02872	-32,64932	18,04932
NM	Equal variances assumed	,269	,611	,146	18	,886	,20000	1,37275	-2,68404	3,08404
	Equal variances not assumed			,146	17,885	,886	,20000	1,37275	-2,68537	3,08537
LP	Equal variances assumed	,070	,794	,429	18	,673	,30000	,70000	-1,17065	1,77065
	Equal variances not assumed			,429	18,000	,673	,30000	,70000	-1,17065	1,77065
TLP	Equal variances assumed	,020	,889	,216	18	,831	4,10000	18,95518	-35,72336	43,92336
	Equal variances not assumed			,216	17,978	,831	4,10000	18,95518	-35,72679	43,92679
IPI	Equal variances assumed	,753	,397	-1,786	18	,091	-1,00000	,55976	-2,17602	,17602
	Equal variances not assumed			-1,786	16,659	,092	-1,00000	,55976	-2,18284	,18284
SPI	Equal variances assumed	3,198	,091	,000	18	1,000	,00000	,65149	-1,36874	1,36874
	Equal variances not assumed			,000	13,517	1,000	,00000	,65149	-1,40202	1,40202
CI	Equal variances assumed	,765	,393	-1,069	18	,299	-1,00000	,93571	-2,96586	,96586
	Equal variances not assumed			-1,069	17,107	,300	-1,00000	,93571	-2,97323	,97323

Test Statistics[a]

	TMI	TNM	R	SS	TSPI	SPF	TSPF	FP	TFP	RM	RPM	RL	MCT	MDT
Mann-Whitney U	46,500	47,500	45,500	47,500	45,500	49,000	44,000	37,000	50,000	31,000	37,500	48,000	50,000	40,500
Wilcoxon W	101,500	102,500	100,500	102,500	100,500	104,000	99,000	92,000	105,000	86,000	92,500	103,000	105,000	95,500
Z	-,265	-,189	-,382	-,201	-,341	-,080	-,455	-,994	,000	-1,531	-1,027	-,155	,000	-,824
Asymp. Sig. (2-tailed)	,791	,850	,702	,841	,733	,936	,649	,320	1,000	,126	,304	,877	1,000	,410
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,796[b]	,853[b]	,739[b]	,853[b]	,739[b]	,971[b]	,684[b]	,353[b]	1,000[b]	,165[b]	,353[b]	,912[b]	1,000[b]	,481[b]

a. Grouping Variable: TpsEval

b. Not corrected for ties.

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
RAVK	Equal variances assumed	2,201	,155	-4,375	18	,000	-10,50000	2,40023	-15,54270	-5,45730
	Equal variances not assumed			-4,375	15,719	,000	-10,50000	2,40023	-15,59566	-5,40434
SM	Equal variances assumed	,426	,522	-6,384	18	,000	-2,70000	,42295	-3,58859	-1,81141
	Equal variances not assumed			-6,384	17,357	,000	-2,70000	,42295	-3,59096	-1,80904
NMLC	Equal variances assumed	1,293	,270	-1,667	18	,113	-23,00000	13,79501	-51,98223	5,98223
	Equal variances not assumed			-1,667	16,887	,114	-23,00000	13,79501	-52,11970	6,11970
MI	Equal variances assumed	,000	1,000	-2,009	18	,060	-3,60000	1,79196	-7,36476	,16476
	Equal variances not assumed			-2,009	17,995	,060	-3,60000	1,79196	-7,36484	,16484
MR	Equal variances assumed	3,789	,067	-3,252	18	,004	-3,40000	1,04563	-5,59678	-1,20322
	Equal variances not assumed			-3,252	16,120	,005	-3,40000	1,04563	-5,61528	-1,18472
NM	Equal variances assumed	,129	,723	-2,664	18	,016	-3,60000	1,35154	-6,43949	-,76051
	Equal variances not assumed			-2,664	17,953	,016	-3,60000	1,35154	-6,44002	-,75998
LP	Equal variances assumed	,273	,608	-4,381	18	,000	-3,00000	,68475	-4,43862	-1,56138
	Equal variances not assumed			-4,381	17,960	,000	-3,00000	,68475	-4,43885	-1,56115
IPI	Equal variances assumed	,633	,437	-3,840	18	,001	-2,70000	,70317	-4,17730	-1,22270
	Equal variances not assumed			-3,840	17,395	,001	-2,70000	,70317	-4,18099	-1,21901
SPI	Equal variances assumed	3,618	,073	-4,430	18	,000	-2,60000	,58689	-3,83302	-1,36698
	Equal variances not assumed			-4,430	14,659	,001	-2,60000	,58689	-3,85348	-1,34652
RL	Equal variances assumed	,534	,474	-6,021	18	,000	-2,70000	,44845	-3,64217	-1,75783
	Equal variances not assumed			-6,021	16,676	,000	-2,70000	,44845	-3,64756	-1,75244
CI	Equal variances assumed	1,960	,179	-4,124	18	,001	-2,90000	,70317	-4,37730	-1,42270
	Equal variances not assumed			-4,124	15,871	,001	-2,90000	,70317	-4,39164	-1,40836

Test Statistics[a]

	TMI	TMR	TNM	TLP	R	SS	TSPI	SPF	TSPF	FP	TFP	RM	RPM	MCT	MDT
Mann-Whitney U	32,000	47,500	36,500	31,000	,500	3,000	39,000	13,000	45,500	21,000	47,000	13,000	2,000	28,000	16,500
Wilcoxon W	87,000	102,500	91,500	86,000	55,500	58,000	94,000	68,000	100,500	76,000	102,000	68,000	57,000	83,000	71,500
Z	-1,371	-,189	-1,021	-1,437	-3,844	-3,646	-,835	-2,831	-,342	-2,218	-,227	-3,104	-3,726	-1,787	-2,721
Asymp. Sig. (2-tailed)	,170	,850	,307	,151	,000	,000	,404	,005	,732	,027	,820	,002	,000	,074	,007
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,190[b]	,853[b]	,315[b]	,165[b]	,000[b]	,000[b]	,436[b]	,004[b]	,739[b]	,029[b]	,853[b]	,004[b]	,000[b]	,105[b]	,009[b]

a. Grouping Variable: TpsEval

b. Not corrected for ties.

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper
RAVK	Equal variances assumed	,003	,955	,677	18	,507	1,90000	2,80654	-3,99632	7,79632
	Equal variances not assumed			,677	17,998	,507	1,90000	2,80654	-3,99636	7,79636
MI	Equal variances assumed	,479	,498	,105	18	,918	,20000	1,91079	-3,81442	4,21442
	Equal variances not assumed			,105	17,677	,918	,20000	1,91079	-3,81968	4,21968
MR	Equal variances assumed	1,000	,331	,212	18	,834	,20000	,94281	-1,78077	2,18077
	Equal variances not assumed			,212	17,373	,834	,20000	,94281	-1,78591	2,18591
NM	Equal variances assumed	,000	1,000	,373	18	,713	,50000	1,33874	-2,31259	3,31259
	Equal variances not assumed			,373	17,909	,713	,50000	1,33874	-2,31361	3,31361
LP	Equal variances assumed	,202	,658	-,321	18	,752	-,20000	,62361	-1,51016	1,11016
	Equal variances not assumed			-,321	17,611	,752	-,20000	,62361	-1,51223	1,11223
SS	Equal variances assumed	,589	,453	-,316	18	,755	-,20000	,63246	-1,52874	1,12874
	Equal variances not assumed			-,316	17,686	,756	-,20000	,63246	-1,53044	1,13044
IPI	Equal variances assumed	1,440	,246	,241	18	,812	,20000	,82999	-1,54375	1,94375
	Equal variances not assumed			,241	17,612	,812	,20000	,82999	-1,54651	1,94651
SPI	Equal variances assumed	2,568	,126	-1,151	18	,265	-,70000	,60828	-1,97794	,57794
	Equal variances not assumed			-1,151	15,777	,267	-,70000	,60828	-1,99097	,59097
TSPI	Equal variances assumed	,197	,662	-,543	18	,594	-4,80000	8,84408	-23,38073	13,78073
	Equal variances not assumed			-,543	17,963	,594	-4,80000	8,84408	-23,38347	13,78347
SPF	Equal variances assumed	,615	,443	-,198	18	,845	-,20000	1,00995	-2,32183	1,92183
	Equal variances not assumed			-,198	17,591	,845	-,20000	1,00995	-2,32537	1,92537
TSPF	Equal variances assumed	,241	,629	-,249	18	,806	-1,80000	7,22803	-16,98553	13,38553
	Equal variances not assumed			-,249	17,753	,806	-1,80000	7,22803	-17,00070	13,40070
FP	Equal variances assumed	,072	,791	,230	18	,821	,20000	,86923	-1,62618	2,02618
	Equal variances not assumed			,230	17,525	,821	,20000	,86923	-1,62974	2,02974
TFP	Equal variances assumed	,304	,588	,265	18	,794	3,90000	14,74091	-27,06950	34,86950
	Equal variances not assumed			,265	17,817	,794	3,90000	14,74091	-27,09234	34,89234
RL	Equal variances assumed	4,018	,060	-,190	18	,851	-,10000	,52599	-1,20507	1,00507
	Equal variances not assumed			-,190	14,653	,852	-,10000	,52599	-1,22344	1,02344

Test Statistics[a]

	SM	NMLC	MI	TMI	TMR	TNM	TLP	R	RM	RPM	CI	MCT	MDT
Mann-Whitney U	35,500	46,500	47,500	42,000	49,000	38,000	42,500	47,000	50,000	38,500	40,500	42,500	49,500
Wilcoxon W	90,500	101,500	102,500	97,000	104,000	93,000	97,500	102,000	105,000	93,500	95,500	97,500	104,500
Z	-1,184	-,265	-,190	-,607	-,076	-,908	-,568	-,258	,000	-,946	-,779	-,622	-,047
Asymp. Sig. (2-tailed)	,236	,791	,849	,544	,940	,364	,570	,796	1,000	,344	,436	,534	,963
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,280[b]	,796[b]	,853[b]	,579[b]	,971[b]	,393[b]	,579[b]	,853[b]	1,000[b]	,393[b]	,481[b]	,579[b]	,971[b]

a. Grouping Variable: TpsEval

b. Not corrected for ties.

Références bibliographiques

Abdelkarim, O., Ammar, A., Chtourou, H., Wagner, M., Knisel, E., Hökelmann, A., & Bös, K. (2017). Relationship between motor and cognitive learning abilities among primary school-aged children. *Alexandria Journal of Medicine*, *53*(4), 325-331. https://doi.org/10.1016/j.ajme.2016.12.004

Abi-Zeid, C.-M. (2009). L'évaluation psychomotrice des enfants dyslexiques: Ont-ils un profil psychomoteur ? *Evolutions Psychomotrices*, 21-31.

Abreu, E. de, J, P. M., Abreu, N., Nikaedo, C. C., Puglisi, M. L., Tourinho, C. J., … Martin, R. (2014). Executive functioning and reading achievement in school: a study of Brazilian children assessed by their teachers as "poor readers". *Frontiers in Psychology*, *5*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00550

Ajuriaguerra, J. (1951). A propos des troubles de l'apprentissage de la lecture. Critiques méthodologiques. *Enfance*, *4*(5), 389-399. https://doi.org/10.3406/enfan.1951.1199

Albaret, J.-M. (2008). La question de la comorbidité entre Trouble de l'Acquisition de la Coordination (TAC) et Trouble de la Lecture. *Fréquences : Revue de l'ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec, 19*, 28-30.

Alegria, J., & Mousty, P. (2004). Les troubles phonologiques et métaphonologiques chez l'enfant dyslexique. *Enfance, 56*(3), 259-271.

Altemeier, L. E., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *30*(5), 588-606. https://doi.org/10.1080/13803390701562818

Anderson, W. F., & Stern, D. (1972). The relative effects of the frostig program, corrective reading instruction, and attention upon the reading skills of corrective readers with

visual perceptual deficiencies. *Journal of School Psychology*, *10*(4), 387-395. https://doi.org/10.1016/0022-4405(72)90008-8

Anthony, J. L., & Francis, D. J. (2005). Development of phonological awareness. *Current Directions in Psychological Science*, *14*(5), 255–259.

Anvari, S. H., Trainor, L. J., Woodside, J., & Levy, B. A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of experimental child psychology*, *83*(2), 111–130.

Baccino, T., & Colé, P. (1998). *La lecture experte*. Paris: Presses Universitaires de France - PUF.

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(4), 417-423.

Bakker, D. J. (1967). Temporal Order, Meaningfulness, and Reading Ability. *Perceptual and Motor Skills*, *24*(3_suppl), 1027-1030. https://doi.org/10.2466/pms.1967.24.3c.1027

Banales, E., Kohnen, S., & McArthur, G. (2015). Can verbal working memory training improve reading? *Cognitive Neuropsychology*, *32*(3-4), 104-132. https://doi.org/10.1080/02643294.2015.1014331

Bara, F., Gentaz, E., & Colé, P. (2004). Les effets des entraînements phonologiques et multisensoriels destinés à favoriser l'apprentissage de la lecture chez le jeune enfant. *Enfance*, (4), 387-403.

Barrouillet, P., Billard, C., De Agostini, M., Démonet, J.-F., Fayol, M., Gombert, J.-E., … Valdois, S. (2007). *Dyslexie, dysorthographie, dyscalculie: bilan des données scientifiques* (Expertise collective). Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM).

Barrouillet, P., & Camos, V. (2007). Le développement de la mémoire de travail. In *Psychologie du développement et de l'éducation*. Presses Universitaires de France.

Barry, I. (2017). remédiation de la dyslexie: approche phonologique par l'orthophoniste. In *dyslexies développementales: évidences et nouveautés*. Montpellier: Sauramps médical.

Basse, I., Albaret, J.-M., & Chaix, Y. (1999). Troubles psychomoteurs et dyslexie. *Evolutions Psychomotrices*. Consulté à l'adresse http://www.psychomot.ups-tlse.fr/basse46.pdf

Bastien-Toniazzo, M. (1995). L'importance de l'ordre des lettres dans l'acquisition de la lecture. *Revue française de pédagogie*, *113*(1), 51-58. https://doi.org/10.3406/rfp.1995.1217

Benavides, T. (2002). *Sémiologie psychomotrice de l'enfant*. Vernazobres - Grego.

Bideaud, J., Houdé, O., & Pedinielli, J.-L. (2015). *L'homme en développement* (2è). Paris: Presses Universitaires de France.

Billard, C., & Delteil-Pinton, F. (2010). Clinique de la Dyslexie. *Archives de pédiatrie*, *17*, 1734-1743.

Billard, C., Lequette, C., Pouget, G., Pourchet, M., & Zorman, M. (2013). OURA/LEC : OUtil de Repérage des Acquis en LECture des élèves de CP à l'usage des professionnels de santé. Groupe Cogni-Sciences.

Billard, C., & Touzin, M. (2012). *EDA: Evaluation des fonctions cognitives et des apprentissages*. Ortho Editions.

Biot-Chevrier, C., Ecalle, J., & Magnan, A. (2008). Pourquoi la connaissance du nom des lettres est-elle si importante dans l'apprentissage de la langue écrite ? *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, (162), 15-27. https://doi.org/10.4000/rfp.741

Bolduc, J., Montésinos-Gelet, I., & Boisvert, S. (2014). Perceptions musicales et conscience phonologique : recherche auprès d'enfants francophones d'âge préscolaire. *Psychologie Française*, *59*(3), 247-255. https://doi.org/10.1016/j.psfr.2013.11.004

Bolduc, Jonathan, Lavoie, N., & Fleuret, C. (2009). LES EFFETS DE LA MUSIQUE AUPRÈS D'ÉLÈVES DU DÉBUT DU PRIMAIRE PRÉSENTANT DES DIFFICULTÉS D'APPRENTISSAGE EN LECTURE ET EN ÉCRITURE : RECENSION DES ÉCRITS. *McGill Journal of Education / Revue des sciences de l'éducation de McGill*, *44*(2). Consulté à l'adresse http://mje.mcgill.ca/article/view/2692

Borel-Maisonny, S. (1970). *Langage oral et écrit. Tome 1: pédagogie des notions de base*. Delachaux & Niestle.

Bosse, M.-L., & Zagar, D. (2015). La conscience phonémique en maternelle: Etat des connaissances et Proposition d'évolution des pratiques pédagogiques actuelles. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*, (139), 573-582.

Bouchard, L. (1975). Influence du développement psychomoteur sur l'apprentissage scolaire des enfants normaux de 1ère année. *Québec français*, (17), 32–34.

Boulc'h, L., Gaux, C., & Boujon, C. (2007). Implication des fonctions exécutives dans le décodage en lecture: étude comparative entre normolecteurs et faibles lecteurs de CE2. *Psychologie française*, *52*(1), 71-87.

Boulet, G., & Bouillat, F. (1974a). *Préparation à la lecture pour l'acquisition des structures préalables à la lecture. Boite n° 1, prélecture.* (Vol. 1). Paris: Fernand Nathan.

Boulet, G., & Bouillat, F. (1974b). *Préparation à la lecture pour l'acquisition des structures préalables à la lecture. Boite n°2, Accompagnement de la lecture* (Vol. 2). Paris: Fernand Nathan.

Brèthes, H., & Bogliotti, C. (2012). Rôle de la morphologie chez les enfants dyslexiques: étude des effets d'un entraînement morphologique. Présenté à Congrès Mondial de Linguistique Française, SHS Webof Conferences.

Brosnan, M., Demetre, J., Hamill, S., Robson, K., Sheperd, H., & Cody, G. (2002). Executive functioning in adults and children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, *40*(12), 2144-2155.

Bucher, H. (1970). *Exercices d'analyse perceptive et d'orientation spatiale*. Paris: Fernand Nathan.

Buckland, P., & Balow, B. (1973). Effect of Visual Perceptual Training on Reading Achievement. *Exceptional Children, 39*(4), 299-304. https://doi.org/10.1177/001440297303900404

Cambier, J. (2010). *Du temps et des hommes : Vers une neuropsychologie du temps*. Les éditions de l'infini.

Caroll, J., Snowling, M., & Hulme, C. (2003). The Development of Phonological Awareness in Preschool Children. *Developmental Psychology, 39*(5), 913-923.

Casalis, S., Leloup, G., & Bois Parriaud, F. (2013). *Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.

Catale, C., Closset, A., & Majerus. (2007). Chapitre 3 : Évaluation de la mémoire chezl'enfant. In M. P. Noel, *Bilan neuropsychologique de l'enfant* (p. 49-95). Wavre: Mardaga.

Cèbe, & Goigoux, R. (2007). Concevoir un instrument didactique pour améliorer l'enseignement de la compréhension des textes. *Repères*.

Chaix, Y., & Albaret, J.-M. (2014). Dyslexie et trouble de l'acquisition de la coordination. In M. Goberville & P. Dureau (Éd.), *Ophtalmologie pédiatrique et strabismes - Vol. 7 : Traitement de l'amblyopie et du strabisme - Divers* (p. 155-164). Consulté à l'adresse http://www.postura.ca/assets/pdf/TAC%20apprentissage.pdf

Chardon, S.-C. (2005). Évaluation d'un entraînement à la lecture au cours préparatoire sollicitant les modalités visuelle, auditive et haptique. *Revue française de pédagogie*, *153*(1), 93-107. https://doi.org/10.3406/rfp.2005.3397

Chenault, B., Thomson, J., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2006). Effects of Prior Attention Training on Child Dyslexics' Response to Composition Instruction. *Developmental Neuropsychology*, *29*(1), 243-260. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2901_12

Chevrie-Muller, C., & Plaza, M. (2001). *NEEL. Nouvelles épreuves de l'évaluation du langage.* ECPA.

Chobert, J., & Besson, M. (2012). Influence de l'apprentissage de la musique sur la perceptiont des syllabes chez des enfants normolecteurs et dyslexiques. In E. Bigand, M. Habib, & V. Brun (Éd.), *Musique et Cerveau: nouveaux concepts, nouvelles applications* (p. 61-75). Sauramps Medical. Consulté à l'adresse http://www.theses.fr/2011AIX20678

Church, R. M. (1984). Properties of the Internal Clock. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *423*(1), 566-582. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1984.tb23459.x

Colé, P. (Éd.). (2012). *Lecture et pathologies du langage oral*. Grenoble: Presses universitaire de grenoble.

Coltheart, M. (2005). Modeling Reading: the dual-Route Approach. In M. Snowling & C. Hulme (Éd.), *The science of reading: a handbook* (p. 6-23).

Coquet, F., Roustit, J., & Ferrand, P. (2009). *Evalo2_6*. Isbergues: Ortho Editions.

Corraze, J. (2010). Psychomotricité : Histoire et validation d'un concept. In C.-M. Abi-Zeid & J.-M. Albaret (Éd.), *Regards sur la psychomotricité libanaise (2000-2010) : de la théorie à l'examen psychomoteur* (p. 11-28). Beyrouth: Université Sainti Joseph.

Coull, J., & Nobre, A. (2008). Dissociating explicit timing from temporal expectation with fMRI. *Current Opinion in Neurobiology*, *18*(2), 137-144. https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.07.011

Da Fonseca, V. (2001). *Terapia psicomotora: estudo de casos*. Lisbonne: Ancora Editora.

Da Fonseca, V. (2007). *Manual de observaçao psicomotora: significaçao neuropsicologica dos factores psicomotores* (2è). Lisbonne: Ancora Editora.

David, D., Wade-Woolley, L., Kirby, J. R., & Smithrim, K. (2007). Rhythm and reading development in school-age children: a longitudinal study. *Journal of Research in Reading*, *30*(2), 169-183. https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2006.00323.x

De Clercq-Quaegebeur, M., Casalis, S., Lemaitre, M.-P., Bourgois, B., Getto, M., & Vallée, L. (2010). Neuropsychological Profile on the WISC-IV of French Children With Dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, *43*(6), 563-574. https://doi.org/10.1177/0022219410375000

De Lièvre, B., & Staes, L. (2012). *La psychomotricité au service de l'enfant, de l'adolescent et de l'adulte: notions et applications pédagogiques* (6è ed). Bruxelles: De Boeck.

Degé, F., & Schwarzer, G. (2011). The Effect of a Music Program on Phonological Awareness in Preschoolers. *Frontiers in Psychology*, *2*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00124

Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Paris: Odile Jacob. Consulté à l'adresse http://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences/neurosciences/neurones-de-la-lecture_9782738119742.php

Delahaie, M. (2009). *L' évolution du langage de l'enfant, de la difficulté au trouble* (2è ed). Saint-Denis: Éd. INPES.

Dellatolas, G., Watier, L., Le Normand, M.-T., Lubart, T., & Chevrie-Muller, C. (2009). Rhythm reproduction in kindergarten, reading performance at second grade, and

developmental dyslexia theories. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *24*(6), 555-563. https://doi.org/10.1093/arclin/acp044

Demont, É., & Botzung, A. (2003). Contribution de la conscience phonologique et de la mémoire de travail aux difficultés en lecture : étude auprès d'enfants dyslexiques et apprentis lecteurs. *L'année psychologique*, *103*(3), 377-409. https://doi.org/10.3406/psy.2003.29642

Demont, É., & Gombert, J.-É. (2004). L'apprentissage de la lecture : évolution des procédures et apprentissage implicite. *Enfance, Vol. 56*(3), 245-257.

Démont, E., Nithart, C., & Metz-Lutz, M. (2010). Mémoire de l'ordre et apprentissage de la lecture. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*, *22*(107-108), 159-165.

Desrochers, A., Kirby, J., & Thompson, G. (2008). Le développement de la lecture orale chez l'enfant. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, *49*(2), 111-117. https://doi.org/10.1037/0708-5591.49.2.111

Droit-Volet, S. (2001). Les différentes facettes du temps. *Enfances & Psy*, 26-40.

Droit-Volet, S., & Wearden, J. (2003). Les modèles d'horloge interne en psychologie du temps. *L'Année psychologique*, *103*(4), 617-654. https://doi.org/10.3406/psy.2003.29656

Ecalle, J., & Magnan, A. (2002). *L'apprentissage de la lecture: Fonctionnement et développement cognitifs*. Armand Colin.

Ecalle, J., & Magnan, A. (2010). *L'apprentissage de la lecture et ses difficultés*. Paris: Dunod.

Ecalle, J., Magnan, A., & Bouchafa, H. (2002). Le développement des habilités phonologiques avant et au cours de l'apprentissage de la lecture: de l'évaluation à la remédiation. *Glossa*, (82), 4-12.

Ecalle, J., Magnan, A., & Ramus, F. (2007). L'apprentissage de la lecture et ses troubles. In S. Ionescu & A. Blanchet (Éd.), *Nouveaux cours de psychologie. Psychologie du développement et de l'education (Vol coordonné par J. Lautrey)*. Paris: PUF.

Echenne, B. (2002). Dyslexie dysorthographie: définition, bases neurologiques et physiopathologiques. *Archives Pédiatrique*, (9 suppl 2), 262-264.

Fauché, S. (1994). Les paradigmes de la psychomotricité. *Revue française de pédagogie, 107*(1), 97-107. https://doi.org/10.3406/rfp.1994.1266

Fawcett, A. J., Nicolson, R. I., & Dean, P. (1996). Impaired performance of children with dyslexia on a range of cerebellar tasks. *Annals of Dyslexia*, 259–283.

Ferrero, M., West, G., & Vadillo, M. A. (2017). Is crossed laterality associated with academic achievement and intelligence? A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE, 12*(8), 1-18. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183618

Flaugnacco, E., Lopez, L., Terribili, C., Montico, M., Zoia, S., & Schön, D. (2015). Music Training Increases Phonological Awareness and Reading Skills in Developmental Dyslexia: A Randomized Control Trial. *PLoS ONE, 10*(9), 1-17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138715

Fluss, J., Bertrand, D., Ziegler, J., & Billard, C. (2013). Troubles d'apprentissage de la lecture : rôle des facteurs cognitifs, comportementaux et socio-économiques, Summary. *Développements*, (1), 21-33.

Foulin, J. N. (2007). La connaissance des lettres chez les prélecteurs: aspects pronostiques, fonctionnels et diagnostiques. *Psychologie française*, (52), 431-444.

Fourneret, P., & des Portes, V. (2017). Approche développementale des fonctions exécutives : du bébé à l'adolescence. *Archives de Pédiatrie, 24*(1), 66-72. https://doi.org/10.1016/j.arcped.2016.10.003

Foy, J. G., & Mann, V. A. (2013). Executive function and early reading skills. *Reading and Writing, 26*(3), 453-472. https://doi.org/10.1007/s11145-012-9376-5

Fraisse, P. (1967). *Psychologie du temps* (2è ed). Paris: Presses Universitaires de France.

Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In K. Patterson, J. Marshall, & M. Coltheart (Éd.), *Surface dyslexia: Neurological and cognitive studies of phonological reading* (p. 301-330). Hillsdale: Lawrence Erlbaum. Consulté à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/245583604_Beneath_the_surface_of_developmental_dyslexia

Galliano, A.-C., Pavot, C., & Potel, C. (2011). L'espace et le temps. In *Manuel d'enseignement de psychomotricité* (p. 219-251).

Gentaz, E., Colé, P., & Bara, F. (2003). Évaluation d'entraînements multi-sensoriels de préparation à la lecture pour les enfants en grande section de maternelle : une étude sur la contribution du système haptique manuel. *L'année psychologique, 103*(4), 561-584. https://doi.org/10.3406/psy.2003.29652

Gentaz, E., Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Theurel, A., Gurgand, M., Huron, C., … Le Cam, M. (2013). Evaluation quantitative d'un entrainement à la lecture à grande échelle pour des enfants de CP scolarisés en réseaux d'éducation prioritaire: apports et limites. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*, (123), 1-10.

Gérard, C.-L. (2011). *Clinique des troubles des apprentissages. De l'évaluation neuropsychologique à la programmation educative*. Bruxelles.

Giasson, J. (2013). *La lecture: De la théorie à la pratique* (4è ed.). Bruxelles: De Boeck.

Gillet, P., Hommet, C., & Billard, C. (2000). *neuropsychologie de l'enfant: une introduction*. Marseille: Solal.

Giromini, F., Albaret, J.-M., & Scialom, P. (2015). *Manuel d'enseignement de psychomotricité. Tome 2: Méthodes et techniques*. Paris: De Boeck.

Gombert, J.-É. (2006). Epi/méta vs implicite/explicite: niveau de contrôle cognitif sur les traitements et apprentissage de la lecture. *Langage & pratiques*, (38), 68-76.

González-Trujillo, M. C., Defior, S., & Gutiérrez-Palma, N. (2014). The role of nonspeech rhythm in Spanish word reading. *Journal of Research in Reading*, *37*(3), 316-330. https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2012.01529.x

Gooch, D., Snowling, M., & Hulme, C. (2011). Time perception, phonological skills and executive function in children with dyslexia and/or ADHD symptoms. *Journal of Child Psychology & Psychiatry*, *52*(2), 195-203. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02312.x

Gough, P., & Tunmer, W. (1986). Decoding, Reading, and Reading Disability. *Remedial and Special Education*, *7*(1).

Habib, M. (2002). Effet d'un entraînement phonologique utilisant de la parole temporellement modifiée chez des enfants souffrant de dyslexie phonologique. Présenté à 14èmes journées d'études sur la Paroles, Nancy.

Habib, M., & Commeiras, C. (2014). *Mélodys : Remédiation cognitivo-musicale des troubles des apprentissages*. Bruxelles: De Boeck - Solal.

Habib, M., Lardy, C., Desiles, T., Commeiras, C., Chobert, J., & Besson, M. (2013). Musique et dyslexie : vers une rééducation cognitivo-musicale intermodalitaire des « troubles dys ». *Développements*, (16-17), 36-60. https://doi.org/10.3917/devel.016.0036

Hart-Davis, A. (2012). *Le livre du temps: de la perception humaine à la mesure scientifique*. Tredaniel La Maisnie.

Hillarait de Boisferon, A., Colé, P., & Gentaz, E. (2010). Connaissance du nom et du son des lettres, habiletés métaphonémiques et capacités de décodage en grande section de maternelle. *Psychologie Française*, (55), 91-111.

Hirsh, I. J., & Sherrick, C. E. (1961). Perceived order in different sense modalities. *Journal of Experimental Psychology*, *62*(5), 423-432.

Holliman, A., Wood, C., & Sheehy, K. (2010). Does Speech Rhythm Sensitivity Predict Children's Reading Ability 1 Year Later? *Journal of Educational Psychology*, *102*. https://doi.org/10.1037/a0018049

Huss, M., Verney, J. P., Fosker, T., Mead, N., & Goswami, U. (2011). Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: Perception of musical meter predicts reading and phonology. *Cortex*, *47*(6), 674-689. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2010.07.010

Jacquier-Roux, M., Lequette, C., Pouget, G., Valdois, S., & Zorman, M. (2010). BALE : Bilan Analytique du Langage Ecrit. Groupe Cogni-Sciences.

Karbach, J., Strobach, T., & Schubert, T. (2015). Adaptive working-memory training benefits reading, but not mathematics in middle childhood. *Child Neuropsychology*, *21*(3), 285-301. https://doi.org/10.1080/09297049.2014.899336

Kirby, J. R., Parrila, R. K., & Pfeiffer, S. L. (2003). Naming speed and phonological awareness as predictors of reading development. *Journal of Educational Psychology*, *95*(3), 453-464. https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.3.453

Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (1997). *NEPSY. Bilan neuropsychologique de l'enfant*. Paris: ECPA.

Lacheret, A. (2011). La prosodie au cø eur du verbal. *Rééducation orthophonique*, (246), 87–104.

Lacombe, J. (2010). *Le développement de l'enfant de la naissance à 7 ans: approches théoriques et activités corporelles* (3è ed). Bruxelles: De Boeck.

Lapierre, A., & Aucouturier, B. (1978). *Les contrastes et la découverte des notions fondamentales* (2è). Paris: Doin.

Le Boulch, J. (1976). *Vers une science du mouvement humain: introduction à la psychocinétique*. Les Editions ESF.

Le Roux, Y. (2005). *Apprentissage de l'écriture et psychomotricité*. Marseille: Solal Editeurs.

Lechevalier, B. (2010). *Le cerveau mélomane de Baudelaire, Musique et neuropsychologie*. Paris: Odile Jacob.

Leibnitz, L., Ducrot, S., Muneaux, M., & Grainger, J. (2015). Spécificité des capacités visuo-attentionnelles et lecture chez l'enfant. *Revue francophone d'othoptie*, (8), 45-49.

Leloup, G. (2015). Entrainement à la lecture répétées avec disctracteur chez les adultes dyslexiques. *Rééducation orthophonique*, (261), 111-124.

Leybaert, J., Reybroeck, M. V., Ponchaux, C., & Mousty, P. (2004). Dysphasie et développement de la sensibilité à la rime et au phonème. *Enfance, Vol. 56*(1), 63-79.

Loosli, S. V., Buschkuehl, M., Perrig, W. J., & Jaeggi, S. M. (2012). Working memory training improves reading processes in typically developing children. *Child Neuropsychology, 18*(1), 62-78. https://doi.org/10.1080/09297049.2011.575772

Lubin, A., Regrin, E., Boulc'h, L., Pacton, S., & Lanoë, C. (2016). Executive fonctions differentially contribute to Fourth Graders' Mathematics, Reading and spelling skills. *Journal of Cognitive Education and Psychology, 15*(3), 444-463.

Lussier, F., & Flessas, J. (2009). *Neuropsychologie de l'enfant. Troubles développementaux et de l'apprentissage* (2è ed). Paris: Dunod.

Macar, F. (1980). *Le temps: perspectives psychophysiologiques*. Editions Mardaga.

Magnan, A. (1993). Le traitement de l'information ordinale : une étape nécessaire de l'apprentissage de la lecture. *L'année psychologique, 93*(2), 185-200. https://doi.org/10.3406/psy.1993.28694

Magnan, Annie, Écalle, J., & Veuillet, É. (2005). Habiletés phonologiques, identification de mots écrits et déficits auditifs perceptifs chez les enfants dyslexiques : effet d'un entraînement audio-visuel. *Revue française de pédagogie*, (152), 29-39.

Magnat, J., Xavier, J., Zammouri, I., & Cohen, D. (2015). Troubles développementaux de la coordination (TDC) : perspective clinique et synthèse de l'état des connaissances. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, *63*(7), 446-456. https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2015.09.004

Majerus, S, & Poncelet, M. (2017). Dyslexie et déficits de la mémoire à court terme/de travail : implications pour la remédiation. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*, (148), 1-8.

Majerus, Steve. (2013). Les multiples déterminants de la mémoire à court terme verbale : Implications théoriques et évaluatives. *Développements*, (4), 5-15.

Melby-Lervag, M., Halaas Lyster, S.-A., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: a meta-analytic review, *138*(2), 322-352.

Ministère de l'Education Nationale. (2015). Programme de l'école maternelle. Consulté à l'adresse http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_2/37/8/ensel4759_arrete-annexe_prog_ecole_maternelle_403378.pdf

Ministère de l'Education Nationale. (2016). Mobiliser le langage dans toutes ses dimensions. Partie 2: lien oral-écrit. Activités phonologiques au service de l'entrée dans le code alphabétique. Consulté à l'adresse http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Langage/59/8/Ress_c1_Section_2_partie_2_Activites_phonologiques_569598.pdf

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

Mucchielli-Bourcier, A. (2001). *Prévention et traitement des troubles scolaires de l'apprentissage avec OUROS, méthode neuro-psychomotrice*. Editions L'Harmattan.

Nazzi, T. (2008). Segmentation précoce de la parole continue en mots : évaluation inter-linguistique de l'hypothèse d'initialisation rythmique. *L'Année psychologique*, *108*(2), 309-341.

Nazzi, T., Bertoncini, J., & Mehler, J. (1998). Language discrimination by newborns: Toward an understanding of the role of rhythm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*(3), 756-766. https://doi.org/10.1037/0096-1523.24.3.756

Negro, I., & Genelot, S. (2011). Les prédicteurs en grande section maternelle de la réussite en lecture en fin de première année d'école élémentaire : l'impact du nom des lettres. *Bulletin de psychologie*, *Numéro 501*(3), 291-306.

Nicolas, S. (2005). Comment l'homme conserve t-il des souvenirs ? In *L'homme cognitif* (1ere edition Quadrige, p. 317-430). Paris: Presses Universitaires de France.

Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (1990). Automaticity: A new framework for dyslexia research? *Cognition*, *35*(2), 159–182.

Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Dean, P. (2001). Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends in neurosciences*, *24*(9), 508–511.

Nittrouer, S. (1999). Do temporal processing deficits cause phonological processing problems ? *Journal of speech, language, and hearing research*, *42*, 925-942.

OMS. (2008). Classification internationale des Maladies. Consulté à l'adresse http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2008/fr

Pagani, L. S., Fitzpatrick, C., Archambault, I., & Janosz, M. (2010). School readiness and later achievement: A French Canadian replication and extension. *Developmental Psychology*, *46*(5), 984-994. https://doi.org/10.1037/a0018881

Patel, A. D. (2012). The OPERA hypothesis: assumptions and clarifications. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1252*(1), 124-128. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06426.x

Pham, A. V., & Hasson, R. M. (2014). Verbal and Visuospatial Working Memory as Predictors of Children's Reading Ability. *Archives of Clinical Neuropsychology, 29*(5), 467-477. https://doi.org/10.1093/arclin/acu024

Piek, J. P., Dawson, L., Smith, L. M., & Gasson, N. (2008). The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability. *Human Movement Science, 27*(5), 668-681. https://doi.org/10.1016/j.humov.2007.11.002

Pireyre. (2000). Epreuves de tempo spontanné et de reproduction de structures rythmiques de Mira Stambak: nouvel étalonnage. *Evolutions Psychomotrices, 47*, 32-43.

Platel, H. (2006). Neuropsychologie clinique de la perception musicale. *Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, 44-52.

Plaza, M. (2001). Dyslexie de développement et défaillance du traitement séquentiel: les difficultés du rappel en ordre. *Approche neuropsychologique des troubles d'apprentissage*, (62-63), 83-88.

Plaza, M., & Raynaud, S. (2007). Dyslexie et traitement plurimodal : de l'autre côté du miroir. *Le Journal des psychologues*, (251), 31-35.

Proulx, M. J., & Elmasry, H.-M. (2014). Stroop interference in adults with dyslexia. *Neurocase, 21*(4), 413-417. https://doi.org/10.1080/13554794.2014.914544

Provasi, J. (2015). Comment le rythme vient au bébé ? *Spirale*, 50-61.

Provasi, J., & Bobin-Bègue, A. (2007). Synchronisation motrice à un tempo auditif chez le nourrisson. In *Congrès de la Société Française de Psychologie* (p. 9). Nantes.

Pujilet, A. (2015). Méthodes à médiation artistique. 2 Expression musicale et rythmique. In *Manuel d'enseignement de psychomotricité : méthodes et techniques*. Paris: De Boeck.

Puyjarinet, F. (2011). Perception du temps : aspects théoriques et perspectives cliniques en psychomotricité. *Entretiens de Psychomotricité*, 65-74.

Quartier, V. (2009). Le développement de la temporalité : théorie et instrument de mesure du temps notionnel chez l'enfant. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*, *20*(100), 345-352.

Raberger, T., & Wimmer, H. (2003). On the automaticity/cerebellar deficit hypothesis of dyslexia: balancing and continuous rapid naming in dyslexic and ADHD children. *Neuropsychologia*, *41*(11), 1493-1497. https://doi.org/10.1016/S0028-3932(03)00078-2

Ramus, F. (1997). Le rôle du discrimination des langues (p. 225-229). Présenté à Actes des JIOSC. Consulté à l'adresse http://www.lscp.net/persons/ramus/docs/jiosc97.htm

Ramus, F. (2003). la dyslexie développemental: déficit phonologique spécifique ou trouble sensori-moteur global? *Médecine et Enfance*, 255-258.

Rattat, A.-C., & Droit-Volet, S. (2002). Le transfert d'un apprentissage de durée d'action chez le jeune enfant: l'effet facilitateur de la variété des actions? *Enfance*, (2), 141-153.

Rey, V., De Martino, S., Espesser, R., & Habib, M. (2002). Temporal Processing and Phonological Impairment in Dyslexia: Effect of Phoneme Lengthening on Order Judgment of Two Consonants. *Brain and Language*, *80*(3), 576-591. https://doi.org/10.1006/brln.2001.2618

Rigal, R. (1996). *Motricité humaine: fondements et application pédagogique* (2è ed., Vol. Tome 3: actions motrices et apprentissages scolaires). Québec: Presses de l'Université du Québec.

Rigal, R. (2009). *L'éducation Motrice et L'éducation Psychomotrice Au Préscolaire et Au Primaire*. PUQ.

Sage, I., Crosnier, M., Soppelsa, R., & Galliano, A.-C. (2011). Préhension, adresse, gnosies, praxies. In *Manuel d'enseignement de psychomotricité* (p. 103-144). Marseille: Solal.

Salazar-Ferrer, O. (1998). *Le temps, la perception, l'espace, la mémoire*. Ellipses.

Smith-Spark, J., Henry, L., Messer, D., Edvardsdottir, E., & P. Zięcik, A. (2016). Executive functions in adults with developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities, 53-54*, 323-341. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.03.001

Sprenger-Charolles, L., Bechennec, & Lacert. (1998). Place et rôle de la médiation phonologique dans l'acquisition de la lecture/écriture en français [Résultats d'une étude longitudinale (de la Grande Section de Maternelle en fin de CE1)]. *Revue française de pédagogie, 122*(1), 51-67. https://doi.org/10.3406/rfp.1998.1136

Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2013). *Lecture et dyslexie: Approche cognitive* (2ème Ed). Paris: Dunod.

St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006), 59*(4), 745-759. https://doi.org/10.1080/17470210500162854

Stambak, M. (1951). Le problème du rythme dans le développement de l'enfant et dans les dyslexies d'évolution. *Enfance, 4*(5), 480-502. https://doi.org/10.3406/enfan.1951.1202

Sterritt, G. M., & Rudnick, M. (1966). Auditory and Visual Rhythm Perception in Relation to Reading Ability in Fourth Grade Boys. *Perceptual and Motor Skills, 22*(3), 859-864. https://doi.org/10.2466/pms.1966.22.3.859

Streri, A. (2005). Comment l'Homme perçoit il le monde ? In *L'homme cognitif* (1ère édition Quadrige, p. 99-211). Paris: Presses Universitaires de France.

Tallal, P. (1980). Language and reading: some perceptual prerequisites. *Bulletin of the orton society*, *30*, 170-178.

Tartas, V. (2006). La construction du temps dans le développement de l'enfant. *Entretiens d'orthophonie*, 76-90.

Tartas, V. (2010). Le développement des notions temporelles par l'enfant. *Développements*, 17-26.

Thomson, J. M., Fryer, B., Maltby, J., & Goswami, U. (2006). Auditory and motor rhythm awareness in adults with dyslexia. *Journal of Research in Reading*, *29*(3), 334-348. https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2006.00312.x

Thomson, J. M., & Goswami, U. (2008). Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: Auditory and motor rhythms link to reading and spelling. *Journal of Physiology-Paris*, *102*(1-3), 120-129. https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2008.03.007

Tiffin-Richards, M. C., Hasselhorn, M., Richards, M. L., Banaschewski, T., & Rothenberger, A. (2004). Time reproduction in finger tapping tasks by children with attention-deficit hyperactivity disorder and/or dyslexia. *Dyslexia (10769242)*, *10*(4), 299-315. https://doi.org/10.1002/dys.281

Toplak, M. e., Rucklidge, J. j., Hetherington, R., John, S. c. f., & Tannock, R. (2003). Time perception deficits in attention-deficit/ hyperactivity disorder and comorbid reading difficulties in child and adolescent samples. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, *44*(6), 888-903. https://doi.org/10.1111/1469-7610.00173

Vaivre-Douret, L. (2006a). *Apport à l'examen psychomoteur* (7e éd.). Paris: Vernazobres - Grego.

Vaivre-Douret, L. (2006b). *NPMOT: batterie d'évaluation des fonctions neuropsychomotrices* (ECPA). Paris.

Valdois, S. (2008). Dyslexies Développementales: théorie de l'empan visuo-attentionnel. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*, (96-97), 213-219.

Valdois, S. (2017). Les troubles visuo-attentionnels dans les dyslexies développementales. In *Dyslexies développementales : évidences et nouveautés*. Montpellier: Sauramps Medical.

Valentin-Lefranc, A., & Pavot, C. (2015). Prévention, éducation et soin. In *Manuel d'enseignement de psychomotricité. Tome 2: Méthodes et techniques*. Paris: De Boeck.

Van der Fels, I. M. J., Te Wierike, S. C. M., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., & Visscher, C. (2015). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *18*(6), 697-703. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.007

Van Hout, A., & Estienne, F. (Éd.). (2003). *Les dyslexies* (3è ed). Issy-les-Moulineaux: Masson.

Vilar, C. (2010). *Dificuldades de Aprendizagem e Psicomotricidade : Estudo comparativo e correlativo das competências de aprendizagem académicas e de factores psicomotores de alunos do 2º e 4º ano do ensino básico, com e sem dificuldades na aprendizagem*. Mémoire de Master en rééducation psychomotrice. Université de Lisbonne, Lisbonne.

Walch, J. P., & Bon, V. (2009). *Abord rééducatif des troubles spécifiques du développement du langage écrite et oral: apport de la neuropsychologie*. Marseille: Solal.

Wearden, J. (2005). Origines et développement des théories d'horloge interne du temps psychologique. *Psychologie Française*, *50*(1), 7-25. https://doi.org/10.1016/j.psfr.2004.10.002

Weil-Barais, A. (2005). Comment l'homme apprend-il, raisonne-t-il, juge-t-il et résout-il des problèmes? In *L'homme cognitif* (1ere édition Quadrige, p. 431-582). Paris: Presses Universitaires de France.

Whalley, K., & Hansen, J. (2006). The role of prosodic sensitivity in children's reading development. *Journal of Research in Reading*, *29*(3), 288-303. https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2006.00309.x

Wittmann, M. (1999). Time Perception and Temporal Processing Levels of the Brain. *Chronobiology international*, *16*, 17-32.

Wood, C., & Terrell, C. (1998). Poor readers' ability to detect speech rhythm and perceive rapid speech. *British Journal of Developmental Psychology*, *16*(3), 397–413.

Wu, M., Liang, X., Lu, S., & Wang, Z. (2017). Infant motor and cognitive abilities and subsequent executive function. *Infant Behavior and Development*, *49*, 204-213. https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2017.09.005

Zakay, D. (2005). Attention et jugement temporel. *Psychologie Française*, *50*(1), 65-79. https://doi.org/10.1016/j.psfr.2004.10.004

Zorman, M. (1999). Evaluation de la conscience phonologique et entraînement des capacités phonologiques en grande section de maternelle. *Rééducation orthophonique*, (197), 139-157.

Zorman, M., & Jacquier-Roux, M. (1995). Entraînement visuel et apprentissage de la lecture en Cours préparatoire.

Table des illustrations

1. Figures

Figure 1 : Schéma de la lecture (L : lecture ; R : reconnaissance de mots ; C : compréhension) d'après le modèle simple de la lecture de Gough et Tunmer (1986). 6
Figure 2 : Procédure de lecture par assemblage, selon Delahaie (2009) et Morais (1994). 8
Figure 3 : Lecture par adressage, selon Delahaie (2009) et Morais (1994). 9
Figure 4 : Modèle de lecture à double voie en cascade d'après Coltheart (2005). 10
Figure 5 : Modèle d'apprentissage de la lecture (Frith, 1985). 12
Figure 6 : Modèle d'apprentissage de la lecture (Morais, 1994). 14
Figure 7 : Modèle de la mémoire de travail (Baddeley, 2000). 20
Figure 8 : Composantes de la mémoire à court terme (Majerus, 2013). 21
Figure 9: Etapes du développement cognitif d'après la théorie de Piaget, selon Rigal (2009). 53
Figure 10: La manipulation selon Rigal (1996). 55
Figure 11 : Modèle de l'horloge interne selon Church (1984). 78
Figure 12 : Modèle de la porte attentionnelle de Zakay (2005). 79
Figure 13 : Effet de l'entrainement musical sur les compétences en lecture (Habib et Commeiras,, 2014) (→ : améliore). 97
Figure 14 : Cadre général de la théorie phonologique selon Ecalle et al (2007). 103
Figure 15 : Dyslexies phonologiques et de surface, en fonction des stades d'apprentissage de la lecture de Frith selon Van Hout et Estienne (2003). 105
Figure 16 : Cadre général de la théorie cérébelleuse selon Ecalle et al (2007). 115
Figure 17 : Cadre général de la théorie du déficit temporel (Ecalle et al, 2007). 117
Figure 18: Protocole de la seconde étude d'Habib et al (2014). 132
Figure 19 : Protocole expérimental proposé aux enfants tout-venant. 139
Figure 20 : Schéma de l'évaporation progressive de l'effectif du premier dispositif expérimental. 142
Figure 21 : Structures rythmiques travaillées en GSM. 153
Figure 22 : Schéma de l'effet hypothétique des entraînements sur le décodage en lecture. 157
Figure 23 : Corrélations obtenues en début de MSM (significatives en traits plein, tendancielle en pointillés). 161
Figure 24 : Corrélations obtenues en fin de MSM (traits : significatives ; pointillés: tendancielles). 164
Figure 25 : Relations entre les différentes compétences en fin de GSM (trait plein : corrélations significatives ; pointillés : corrélations tendancielles). 167
Figure 26 : Graphiques des résultats moyens obtenus en pré-test en fonction des groupes (GC: groupe contrôle; GE: groupe expérimental; * : différence significative). 182

Figure 27 : Évolution de la variable SM en MSM (* : différence significative). 185
Figure 28 : Évolution de la variable MCT en MSM (* : différence significative). 185
Figure 29 : Évolution de la variable IER avant et après le 2nd entraînement (* : différence significative). 188
Figure 30 : Évolution de la variable RVS avant et après le 2nd entraînement (* : différence significative). 189
Figure 31 : Evolution de la variable ER avant et après le 2nd entraînement (* : différence significative). 190
Figure 32 : Évolution de la variable RAVK avant et après le 2nd entraînement (* : différence significative). 190
Figure 33 : Evolution de la variable MCT avant et après le 2nd entraînement (* : différence significative). 191
Figure 34 : Évolution de la variable PP avant et après le 2nd entraînement. 191
Figure 35 : Evolution de la variable CI du pré-test au post-test 2 (* : différence significative). 194
Figure 36 : Moyennes obtenues au CP en fonction des groupes (* : différences significatives). 196
Figure 37 : Évolution des compétences des enfants au fur et à mesure des entraînements. .. 197
Figure 38 : Protocole du second dispositif expérimental. 206
Figure 39 : Activité de comparaison de séquences rythmiques utilisées lors de la 3ème séance d'intervention. 213
Figure 40 : Exemple de structures rythmiques à reproduire pour l'activité « Reproduction de structures rythmiques. Les points symbolisent les frappes et les espaces blancs correspondent à des silences. 214
Figure 41 : Exercice de décodage : les enfants doivent "lire" les suites de formes géométriques qui correspondent à un mouvement à produire (rond = sauter, triangle= tourner, carré= taper des mains). 215
Figure 42 : Graphique présentant les résultats obtenus aux épreuves rythmiques (* : différence significative). 219
Figure 43 : Résultats obtenus à l'épreuve de lecture phonologique (* : différence significative). 223
Figure 44 : Résultats à l'épreuve de répétition de non mots. 224
Figure 45 : Evolution des performances en reconnaissance de rimes (* : différence significative). 225
Figure 46 : Résultats à l'épreuve de suppression syllabique (* : différence significative)..... 226
Figure 47 : Scores obtenus aux épreuves de suppression du phonèmes initiales (SPI) et final (SPF) et durée des épreuves (respectivement TSPI et TSPF) en fonction des temps d'évaluation (* : différence significative). 227
Figure 48 : Scores en fusion phonémique (* : différence significative). 228
Figure 49 : Evolution du score en contrôle de l'inhibition (* : différence significative)..... 229

2. Tableaux

Tableau 1 : Les six étapes du stade sensorimoteur de Piaget (Bideaud et al. 2015). 53
Tableau 2 : Liens théoriques entre les compétences psychomotrices et l'activité de lecture selon De lièvre et Staes (2012) et Rigal (1996). 60
Tableau 3 : Récapitulatif des acquisitions temporelles (vocabulaire et compétences) chez l'enfant. 75
Tableau 4 : Etudes citées dans la synthèse de Bolduc et al (2009). 95
Tableau 5 : Symptômes associés aux différents types de dyslexies. 104
Tableau 6 : Effectifs des deux groupes aux différentes évaluations. 142
Tableau 7: Caractéristiques des deux groupes pour le premier protocole expérimental. 143
Tableau 8: Synthèse des mesures effectuées en fonction des différents temps d'évaluation. 149
Tableau 9 : Moyennes et écart-types et données normatives pour l'évaluation pré-test. 159
Tableau 10 : Corrélations entre les compétences évaluées en début de MSM (*: p<0,05 ; ** : p<0,01 ; a: p=0,096). 160
Tableau 11 : Moyennes et écart-types obtenus pour chaque variable par les enfants du groupe contrôle et données des étalonnages. 162
Tableau 12 : Corrélations obtenues en fin de moyenne section de maternelle (*: p<0,05 ; ** : p<0,01 ; a: p=0,074 ; b : p=0,067 ; c : p=0,083). 163
Tableau 13 : Moyennes et écart-types obtenus par les enfants du groupe contrôle, et données étalonnées. 165
Tableau 14 : Corrélations obtenues en fin de GSM (a: p=0,062 ;b : p=0,074 ; c : p=0,073 ; d: p=0,060 ; e : p=0,090 ; f). 166
Tableau 15 : corrélations rythme - conscience phonologique en fin de MSM avant et après le contrôle de l'inhibition. 171
Tableau 16 : Corrélations entre rythme, conscience phonologique et prélecture, avant et sous condition de contrôle. 172
Tableau 17 : Variables ayant une distribution normale (groupe contrôle ; n=24). 175
Tableau 18 : Corrélations entre rythme et inhibition en maternelle avec les compétences en lecture en maternelle et au CP (a : p=0,94 ; b : p=0,096 ; c : p=0,082. 175
Tableau 19 : Pourcentages de variances des variables Prel2, ELPM et MLC1M expliquées par les variables CI2 et SM2. 178
Tableau 20 : Pourcentages de variances des variables Prel3 et MLC1M expliqués par les variables PP3 et RAVK3. 178
Tableau 21 : Moyennes et écart-types en fonction des groupes pour l'évaluation pré-test. 181
Tableau 22 : variables "évolution1" pour chaque variable en fonction des groupes. 183
Tableau 23 : Moyennes et écarts-types pour l'épreuve des processus phonologiques en fin de MSM. 186
Tableau 24 : Variables "évolution2" pour chaque variable en fonction des groupes. 187
Tableau 25 : Moyennes et écarts-types pour l'épreuve de prélecture en fin de GSM. 192
Tableau 26 : Moyenne et écarts-types des variables "évolution globale". 193
Tableau 27 : Moyennes et écarts-types, en fonction des groupes pour l'évaluation CP. 195
Tableau 28 : Données descriptives des participants dyslexiques. 208

Tableau 29 : Mesures effectuées chez les enfants dyslexiques. 212
Tableau 30 : Activités proposées durant les dix séances d'entrainement. 216
Tableau 31 : Moyennes et écarts-types obtenus aux épreuves de rythme aux différents temps d'évaluation (RAVK: épreuves de reproduction de séquences motrices manuelles ; SM : synchronisation au métronome). 218
Tableau 32: Moyennes et écarts-types obtenus aux épreuves de lecture aux différents temps d'évaluation. 220
Tableau 33 : Evolution du score en lecture de mots irréguliers, réguliers et non mots (* : résultats significatifs) 221
Tableau 34 : Résultats (moyennes et écarts-types) aux épreuves d'inhibition et de mémoire aux différents temps d'évaluation. 228